

ZUR CHARAKTERISIERUNG NÄHRSTOFF - UNABHÄNGIGER
NEBENWIRKUNGEN VON SINGLE CELL PROTEIN (PROBION)
BEI GEFLÜGEL

Richard Rodolfo Fuchs

Diss. München
1983



Aus dem Institut
für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. J. Gropp

ZUR CHARAKTERISIERUNG NÄHRSTOFF - UNABHÄNGIGER
NEBENWIRKUNGEN VON SINGLE CELL PROTEIN (PROBION)
BEI GEFLÜGEL

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig - Maximilians - Universität München

von

RICHARD RODOLFO FUCHS

aus Santiago / Chile

München 1982

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan

Referent: Prof. Dr. J. Gropp

Korreferent: Prof. Dr. B. Gedek

Tag der Promotion: 25. Februar 1983

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	Einleitung	1
2	Schrifttum	2
2.1	Single Cell Protein	2
2.2	SCP in der Geflügelernährung	5
2.2.1	Hefen in Mastküken - Rationen	5
2.2.2	Bakterienprotein für Mastküken	8
2.2.3	SCP bei Legehennen	12
2.3.1	Einfluß von SCP auf Stoffwechselparameter	13
2.3.2	Verträglichkeit von SCP bei Geflügel	14
3	Eigene Untersuchungen	16
3.1	Material und Methoden	17
3.1.1	Tiermaterial	17
3.1.2	Tierhaltung	17
3.1.3	Rationszusammensetzung	18
3.1.4	Begriffsdefinitionen	19
3.1.5	Analysenmethoden	20
3.1.6	Versuchsauswertung	20
3.2	Versuch I (Elektrolyte)	21
3.2.1.	Versuchsplan	21
3.2.1.1	Versuchsdauer	23
3.2.1.2	Versuchskriterien	23
3.2.1.3	Rationszusammensetzung	23
3.2.1.4	Nährstoffgehalt der Rationen	26
3.2.1.5	Versuchsverlauf	26
3.2.2	Ergebnisse	28
3.3	Versuch II (Spurenelemente)	31
3.3.1.	Versuchsplan	31
3.3.1.1	Versuchsdauer	32
3.3.1.2	Versuchskriterien	32
3.3.1.3	Rationszusammensetzung	32
3.3.1.4	Nährstoffgehalt der Rationen	33
3.3.1.5	Versuchsverlauf	33
3.3.2	Ergebnisse	33
3.4	Versuch III (Gnotobioten - Versuch)	35
3.4.1.	Versuchsplan	35
3.4.1.1	Versuchsdauer	36
3.4.1.2	Versuchskriterien	36
3.4.1.3	Rationszusammensetzung	37
3.4.1.4	Nährstoffgehalt der Rationen	38
3.4.1.5	Versuchsverlauf	38
3.4.2	Ergebnisse	39
3.4.2.1.	Synopse der Befunde	45

3.5	Versuch IV (Vitamin D - Versuch)	46
3.5.1.	Versuchsanlage	46
3.5.1.2	Versuchskriterien	47
3.5.1.3	Rationszusammensetzung	48
3.5.1.4	Nährstoffgehalt der Rationen	49
3.5.1.5	Versuchsverlauf	49
3.5.2	Ergebnisse	50
3.6	Versuch V (Legewachtelversuch)	59
3.6.1.1	Versuchsdauer	60
3.6.1.2	Versuchskriterien	61
3.6.1.3	Rationszusammensetzung	61
3.6.1.4	Nährstoffgehalt der Rationen	62
3.6.1.5	Versuchsverlauf	62
3.6.2	Ergebnisse	63
3.7	Versuch VI (Legewachtelversuch)	66
3.7.1.1	Versuchsplan	66
3.7.1.2	Versuchsdauer	66
3.7.1.3	Versuchskriterien	66
3.7.1.4	Rationszusammensetzung	67
3.7.1.5	Versuchsverlauf	67
3.7.2	Versuchsergebnisse	68
4	Diskussion	71
4.1	Elektrolyte und Spurenelemente	71
4.2	Vitamin D - Malabsorption	72
4.3	Vitamin A und Carotinoide	74
4.4	Organbefunde	75
4.5.	Schlußbetrachtung	76
5	Zusammenfassung	77
5.1	Summary	79
6	Literaturverzeichnis	81
7	Anhang	87
	Danksagung	90
	Lebenslauf	91

EINLEITUNG

Unter Single Cell Protein wird Einzeller-Biomasse verstanden, die in der Regel zu Fütterungs- (und Nahrungs-) Zwecken verwendet wird.

Die Gewinnung von Single Cell Protein aus verschiedenen Einzellern geschieht auf der Basis verhältnismäßig einfacher Substrate in Fermentern. Hervorstechendes Merkmal von SCP ist seine relativ hohe Proteinkonzentration, die in der Fütterung als wertbestimmend anzusehen ist. Anfang der siebziger Jahre wurden auf die "großindustrielle" Produktion von Single Cell Protein große Hoffnungen hinsichtlich der Deckung vorhandener Eiweißlücken beziehungsweise der Befriedigung steigenden Proteinbedarfs gesetzt. Die anfängliche Euphorie ist heute einer realistischeren Einschätzung gewichen. Diese wird zum einen aus der Verteuerung der Substrate begründet, zum anderen aber auch daraus, daß hinsichtlich des breiten Einsatzes von SCP in der Tierernährung Grenzen sichtbar geworden sind und hinsichtlich der Verwendung von SCP in der Humanernährung ohne vorherige technische Weiterverarbeitung Skepsis eher angebracht ist.

Frühere Prüfungen des Nähr- und Futterwertes von Single Cell Protein wurden in der Regel mit SCP-Gehalten zwischen 2 und 15 bis 20 % der Ration durchgeführt. Dabei lassen sich relativ brauchbare Aussagen über die Fütterungstauglichkeit unter praktischen Bedingungen erarbeiten. Eine Aussage über das gesamte Spektrum der Verträglichkeit dieses unkonventionellen Futtermittels beziehungsweise seiner "Ernährungstoxizität" sind bei derartigen Versuchsanstellungen aber kaum möglich. Etwa auftretende Nebenwirkungen sind schwierig zu erfassen und selten zuzuordnen. Eine "schärfere Prüfung" neuer unkonventioneller Proteinträger erfolgt daher bei höheren Einsatz dieser Futtermittel in der Gesamtration beziehungsweise bei der Verwendung von Single Cell Protein als alleinige Proteinquelle im Futter.

Mit Hilfe dieses prinzipiellen Grundkonzeptes sollen in der vorliegenden Arbeit einige Nebeneffekte, die bei der Verfütterung von Single Cell Protein (*Methylobionas clara*, auf Methanol gezüchtet, Prototypname: Probion*) auftreten, näher überprüft und nach Möglichkeit charakterisiert werden. Dazu wurden eine Reihe verschiedenartiger Versuche an Mastgeflügel und Legewachteln durchgeführt.**

* Probion, Hersteller Firmengruppe Hoechst/Uhde

** Arbeit gefördert aus Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie

2 SCHRIFTTUM

2.1 Single Cell Protein

Für die Herstellung von Single Cell Protein werden weltweit verschiedene Einzellerorganismen verwendet, beziehungsweise in Erwägung gezogen. Eine Übersicht über das dabei in Frage kommende Spektrum vermittelt Tabelle 1.

Tabelle: 1

MÖGLICHE EINZELLERORGANISMEN ZUR GEWINNUNG VON SINGLE CELL PROTEIN

Sambeth und Faust (1978)

a) Algen:	Chlorella	c) Schimmelpilze:	Mucor
	Scenedesmus		Rhizopus
			Penicillium
b) Bakterien:	Pseudomonas		Aspergillus
	Acetobacter		Gibberella
	Micrococcus		Claviceps
	Streptococcus		Trichoderma
	Lactobacillus		
	Escherichia	d) Hefen:	Saccharomyces
	Bacillus		Candida
	Clostridium		Torulopsis
	Methylomonas		Hansenula

Eine eindeutige Überlegenheit bestimmter Einzellerorganismen über andere ist heute noch nicht auszumachen. Trotz ihrer hohen Produktivität haben Algen beispielsweise den Nachteil ihrer Abhängigkeit von den jeweils bestehenden klimatischen Verhältnissen. Für Pilze darf im allgemeinen nicht dieselbe Proteinqualität angenommen werden wie für Hefen und Bakterien. Weltweit dominieren heute Hefen und Bakterien bei der industriellen Herstellung von Single Cell Protein.

So unterschiedlich wie die möglichen Einzellerorganismen sich darstellen, so verschieden sind auch die Rohstoffquellen, auf deren Basis die Herstellung von Single Cell Protein möglich ist beziehungsweise erscheint. Über die einzelnen Rohstoffe informiert Tabelle 2.

Tabelle : 2

ROHSTOFFE ZUR HERSTELLUNG VON SCP

Sambeth und Faust (1978)

C-haltige Reinsubstrate	Komplexsubstrate
Kohlendioxid	Melasse
Kohlenwasserstoffe	Schlempen
Methan	Zellstoffablaugen
n- Paraffin	Holzzuckerlösungen
Alkohol	Molke
Äthanol	Baqasse
Methanol	
Mono-, Di- und Polysaccharide	

N-Quellen

NH₃, NO₃, Harnstoff, Aminosäuren

Anorganische Bestandteile der Nährlösung

PO₄, SO₄

K, Na, Mg, Ca, Fe, Co, Zn

Die Brauchbarkeit des jeweiligen Verfahrens wird von den verwendeten C-Quellen, der Preissituation und Verfügbarkeit im wesentlichen bestimmt. Von praktischer Relevanz dürften derzeit nur die Substrate n-Paraffin, Äthanol und Methanol sein. Dabei besitzt Methanol den Vorteil, aus einer Vielzahl von Rohstoffen herstellbar zu sein. Die Verwendung von "Abfallkohlenstoffen" wie etwa Zellulose, gar aus Stroh oder Papier, als C-Substrat dürfte dagegen noch in relativer Ferne stehen.

Im Fermenter (Reaktor) werden die Mikroorganismen mit dem C-Substrat, N-Quellen und Mineralstoffen zusammengebracht. Die Unterhaltung des Prozesses der Vermehrung von Einzellerorganismen ist von der Sauerstoffzufuhr abhängig. Die dabei entstehende Wärme muß durch Kühlung abgeführt werden. Der gesamte Fermentationsprozess bedarf einer sorgfältigen Überwachung beziehungsweise Steuerung, damit ein in jeder Hinsicht gleichmäßiges Produkt erhalten wird. Ältere Batchverfahren sind heute nahezu vollständig durch die kontinuierliche Fermentation abgelöst worden.



Die Aufbereitung der aus dem Fermentationsverfahren erhaltenen Biomasse (wässriges Medium) schließt verschiedene Trocknungsschritte (Eindicken, Zentrifugieren, Walzen- oder Sprühtrocknung) ein, ebenso wie Verfahren zum besseren Aufschluß der Biomasse (Thermolyse, pH-Behandlung).

Im Durchschnitt enthält Hefe etwa 45 bis 65 % Rohprotein, bakterielles Single Cell Protein dagegen zwischen 65 und 80 % Rohprotein. Da Rohprotein aus N x 6,25 bestimmt wird, geht in die Rohproteinfraction auch der Anteil Nukleinsäuren mehr oder weniger vollständig ein (N-haltige Basen der Nukleinsäuren). Obwohl der Nukleinsäuregehalt von Single Cell Protein in gewissem Maße durch die Fermentation zu steuern ist, kann dennoch vereinfachend angemerkt werden, daß große Zellen relativ weniger und kleine Zellen relativ mehr Nukleinsäuren enthalten. So kann der Gehalt an Nukleinsäuren in Hefen mit etwa 5 bis 10 %, im bakteriellen Single Cell Protein mit 10 bis 20 % angegeben werden. Die Konzentration an Rohfett unterscheidet sich dagegen zwischen Hefen (1 bis 10 %) und bakteriellem Single Cell Protein (5 bis 10 %) kaum. Ein wechselnder Teil der Rohfettfraktion besteht aus Membranlipiden.

Yoshida (1975) widmete dem Problem der Nukleinsäuren und toxogenen Schwermetalle in Hefen beziehungsweise ihrem Übergang in tierische Produkte besondere Aufmerksamkeit. Er verglich dabei den Gehalt an Nukleinsäuren, Quecksilber, Cadmium, Blei und Arsen in einer Hefe mit den Konzentrationen in einer Kontrollration, ferner in Fleisch und Eiern von Legehennen, die mit einer hefehaltigen Ration, beziehungsweise dem Kontrollfutter ernährt worden waren. Eine Übersicht über die Ergebnisse befindet sich in Tabelle 3.

Tabelle: 3

**Cd, Pb, AsO₃ UND NUKLEINSÄUREN GEHALT
IN HEFE UND DER KONTROLLRATION SOWIE IM FLEISCH
UND IN DEN EIERN VON HENNEN, DIE DIESE RATIONEN ERHIELTEN
(Yoshida 1975)**

	Hefe	Kontroll- ration	Fleisch Kontrolle	Hefe	Eier Kontrolle	Hefe
Nukleinsäuren %	9,0	1,2	0,5	0,5	0,1	0,1
Hg ppm	0,015	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Cd ppm	0,07	0,08	0,01	0,01	---	---
Pb ppm	0,25	0,35	0,10	0,10	0,16	0,11
AsO ₃ ppm	0,30	0,27	0,12	0,10	---	---

Der Gehalt an polycyclischen Aromaten, besonders in Hefen, hat seit Beginn der SCP-Forschung die Aufmerksamkeit von Toxikologen gefunden. Die nachweisbaren Konzentrationen lagen im Sauerbereich, sie unterschritten sogar korrespondierende Werte der für die Erzeugung von Backwaren verwandten Bäckerhefen (Ferrando 1972). Yoshida (1975) konnte nachweisen, daß in Spuren enthaltenes Benzopyren (0,01 bis 0,18 ppm in Hefe) bei der Fütterung nicht auf das Fleisch und auf die Eier von Legehennen übergeht.

Bei der Rohnährstoffzusammensetzung von Single Cell Protein, welches durch seinen hohen Rohproteingehalt charakterisiert wird, kommt dessen Qualität und damit seinem Gehalt an essentiellen Aminosäuren und dessen Verfügbarkeit besondere Bedeutung zu. Die durchgeführten Untersuchungen (z.B. Shacklady und Gatamel 1975, Beck 1974, Jarde 1980) bestätigen, daß Single Cell Protein aus Hefen und Bakterien eine recht brauchbare Proteinqualität besitzt. Das Aminosäurenmuster weist in der Regel einen relativ hohen Gehalt an Lysin auf, dem ein Defizit an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin) gegenübergestellt wird. Abhängig vom Produkt und von der im Versuch verwendeten Tierart muß noch mit Untergehalten an Arginin und Glycin gerechnet werden (Kaemmerer 1974, Groop et al 1975).

2.2 SCP in der Geflügelnahrung

2.2.1 Hefen in Mastküken-Rationen

Im folgendem werden einige Versuche an Masthähnchen beschrieben, die mit SCP (auf n-Paraffin-Basis) gefüttert wurden.

Van Weerden, Shacklady, Van der Waal und Shuttle (1972) beobachteten bei Broilerküken, bei denen auf Kosten von Fischmehl die Konzentration im Futter an BP-Hefe (Toprina bzw. Lavera) erhöht wurde, eine Erhöhung der Lebendmassezunahme und der Futterverwertung. In diesem Versuch betrugen während der ersten 5 Versuchswochen die SCP-Konzentrationen im Futter 0, 10 und 15 %, während der zwei letzten Versuchswochen 0, 7,5 und 10 %. Außerdem bestimmten diese Autoren die umsetzbare Energie und die Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Proteins und des Fettes von BP-Hefe mit 3050 kcal/kg, 79,2%; 83,6% bzw. 77,5%.

In einem Versuch von Waldroup, Hillard und Mitchell (1971) mit Broilerküken betrug die Hefe-Konzentration im Futter 0, 2,5, 5,0, 10,0, 15,0 und 30,0 %. Außerdem wurde bei diesen Hefe-Konzentrationen die Lebendmassezunahme von Küken, die das Futter mehlförmig erhielten, mit der Wachstumsrate von Küken, welche das Futter pelletiert erhielten, verglichen. Die Gewichtsentwicklung von Küken mit mehlartigem Futter (SCP 15 %) und pelletiertem Futter (SCP 25%) war gleich den Wachstumsraten der Kontrolltiere. Bei höheren Hefe-Konzentrationen wuchsen die Tiere abhängig von der Futterdarreichungsform signifikant schlechter als die Kontrolltiere. Die Autoren stellen auch die Frage, ob diese durch die Hefe verursachte Zunahme an Lebendmasse nur durch einen geringeren Futterverzehr verursacht wurde.

Vogt, Krieg und Harnisch (1978) fütterten an Broilerküken Rationen mit 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 und 17,5 % Alkanhefe. Sie konnten bei der Lebendmassezunahme und bei der Futterverwertung zwischen den verschiedenen Rationen keine Unterschiede beobachten.

Tiews, Gropp, Schulz, Erbersdobler und Beck (1974) beobachteten bei Broilerküken, deren Futter jeweils 18,8 % Toprina- oder Lavera-Hefe enthielt, signifikant schlechtere Wachstumsraten als in der Kontrollgruppe mit Soja oder Fischmehl. Diese Beobachtung war unabhängig von einem Methioninzusatz zur Hefe-Ration. Der Wachstumsunterschied konnte in einem zusätzlich durchgeführten Experiment nicht auf den Nukleinsäuregehalt der Hefen zurückgeführt werden.

In einem anderen Versuch, dessen Versuchsplan und Ergebnisse in Tabelle 4 zusammengefaßt sind, prüften Tiews et al. (1974), ob sich durch das Zufügen von Selen, CTC (Chlortetravulkan) oder von Ca-Panthothenat, Cholin, Riboflavin und Niacin die Lebendmasse und Futterverwertung von Hefe-Gruppen angehoben werden konnte. Die Wirkung des jeweiligen Zusatzes, über den Tabelle 4 informiert, war nicht einheitlich.

Tabelle 4: **LEBENDMASSEZUNAHME UND FUTTERVERWERTUNG BEI VERSUCHSENDE**
Tiews, Gropp, Schulz, Beck, Erbersdobler (1974)

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Proteinquelle	Lavera						Soja		Lavera
Proteingehalt				12					24
Selen (3 ppm)	-	+	-	-	+	+	-	+	+
Sonder Vitamin V.M.	-	-	-	+	-	+	-	+	+
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Lebendmasse	329	363	308	328	315	323	430	493	494
±s	13	21	20	20	8	10	11	23	42
g Futter/g LMZ	3,15	3,03	3,55	3,44	3,27	3,39	2,36	2,05	1,94
±s	0,13	0,32	0,37	0,36	0,45	0,47	0,35	0,32	0,20

In einem weiteren Versuch derselben Autoren wurden an Wachteln die limitierenden Aminosäuren bestimmt. Dabei stellte sich heraus, daß bei Küken Methionin als erste und Arginin als zweite limitierende Aminosäure in BP-Hefen (Toprina bzw. Lavera) anzusehen ist.

Allerdings konnte dann in einem Versuch an Broilerküken, dessen Ergebnisse in Tabelle 5 zusammengefaßt sind, die Wirkung eines erhöhten Methioninzusatzes, wie er sich in Wachtelversuchen als günstig erwiesen hatte, nicht bestätigt werden. Die wachstumsdepressive Wirkung war bei hohem Proteingehalt (hohe Hefe-Konzentration im Futter) sogar so deutlich, daß ein Methionin-Ergänzungseffekt überhaupt nicht aufgezeigt werden konnte.

Tabelle 5: **LEBENDMASSE UND FUTTERVERWERTUNG NACH VERSUCHSWOCHEN**
Gross, Beck, Erbersdohler (1975)

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Proteinquelle	**** Hefe ****			**Soja**		***** Hefe *****			
Proteingehalt	12	12	12	12	19	19	19	19	19
Methionin % vom R.P.	1,2	1,8	2,4	1,2	1,2	1,2	1,8	2,4	3,0
Lebendmasse ±s	127 16	136 17	135 10	168 13	281 14	160 13	165 11	162 4	168 21
g Futter/g LMZ ±s	3,29 0,29	3,13 0,26	3,21 0,34	2,15 0,05	1,39 0,03	2,72 0,11	2,34 0,24	2,44 0,13	2,44 0,27

D' Mello verglich 15 % Hefe-Rationen unterschiedlicher Methioniner-gänzungen (0,1; 0,2; 0,3 und 0,4% im Futter) mit einer Soja-Ration. Als Versuchs-kriterien dienten Lebendmasse und Futterverwertung. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß die Lebendmassezunahme der Küken mit 10 und 15 % Hefe im Futter genauso hoch war wie in der Kontrollgruppe. Im zweiten Versuch wurde bei einer SCP-Konzentration im Futter von 22,75 % und bei einer Methionin-Konzentration im Futter von 0,56; 0,58; 0,80 beziehungsweise 0,92 % die Wirkung verschiedener Arginin-Konzentrationen im Futter (1,08; 1,23 und 1,38) auf die Lebendmasse-zunahme, auf die Futterverwertung und auf die Konzentrationen ver-schiedener Aminosäuren im Blutplasma bestimmt. Die Lebendmassezunahme und die Futterverwertung waren bei den Küken mit 22,75 % Hefe niedri-ger als in der Kontrollgruppe. Die Wirkung von Arginin auf die Ver-suchskriterien war nur dann zu beobachten, wenn die Methionin-Konzen-tration im Futter erhöht wurde. Somit ergibt sich aus diesen Befunden, daß Methionin erste limitierende Aminosäure in Hefeprotein ist.

2.2.2 Bakterienprotein für Mastküken

D'Mello und Acamovic (1976) führten mit einem SCP, dessen Bakterien auf Methanol-Basis gezüchtet wurden, zwei Versuche durch. Im ersten Versuch enthielten die Rationen jeweils 0, 10 beziehungsweise 20 % SCP mit unterschiedlichem Gehalt an Rohprotein. Über die Ergebnisse informiert Tabelle 6.

Tabelle 6: **LEBENDMASSEZUNAHME, FUTTERVERZEH, FUTTERVERWERTUNG UND N-RETENTION, VERSUCH 1**

D'Mello und Acamovic (1976)

% SCP	0	10	20	10	20
% N	3,68	4,68	5,59	3,67	3,68
LMZ (g)	23,0	21,0	14,1	19,5	10,9
Futterverzehr (g)	35,7	31,9	26,1	31,0	23,4
g LMZ/kg Futter	650	660	540	630	470
N-Retention (g)	0,55	0,44	0,41	0,62	0,49

Bereits 10 % SCP führten zu Wachstumsdepressionen, wurde SCP dagegen dem Rationsprotein zugelegt, wurden 10 % SCP ohne signifikante Wachstumsminderung vertragen.

In einem zweiten Versuch enthielten die Rationen auf Kosten von Soja 0, 9,6, 19,2 beziehungsweise 29,0 % SCP. Der Proteingehalt war bei allen Rationen gleich. Die Lebendmassezunahme, die Futterverwertung und die N-Retention sind in Tabelle 7 zusammengefaßt.

Die Tiere, welche 9,6 % Bakterienprotein über das Futter erhalten hatten, zeigten eine höhere Lebendmassezunahme, einen höheren Futterverzehr, eine höhere N-Retention und eine bessere Futterverwertung als die Kontrolltiere. Bei 19,2 und 29 % SCP im Futter verschlechterte sich im Vergleich zu den Kontrolltieren die Lebendmassezunahme, der Futterverzehr, die Futterverwertung und die N-Retention.

Waldroub und Pavne (1974) bestimmten bei Broilerküken (0, 5, 10 und 15 % Protein von auf Methanol gezüchteten Bakterien im Futter) die Lebendmassezunahme, den Futterverzehr und die Futterverwertung. Als Proteinquelle enthielt die Kontrollration 1 Sojaprotein und die Kontrolle 2 5 % Fischmehl und Sojaprotein. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengefaßt.

Tabelle 7: **LEBENDMASSEZUNAHME, FUTTERVERZEH, FUTTERVERWERTUNG
UND N-RETENTION, VERSUCH 2**

D'Mello und Acamovic (1976)

Code	(1)	(2)	(3)	(4)
% SCP	0	9,6	19,2	29,0
LM% (g)	27,4	28,5	23,5	13,3
Futterverzehr (g)	40,3	41,2	37,5	27,7
g LM%/kg Futter	680	690	630	480
N-Retention (g)	0,57	0,59	0,55	0,48

Das Wachstum, der Futterverzehr und die Futterverwertung sind bei Tieren, welche SCP erhielten, niedriger als bei den Kontrolltieren.

In einem zweiten Versuch verglichen dieselben Autoren bei 0, 5, 10 und 15 % SCP im Futter mehlförmige und pelletierte Futterdarreichungsformen. Die Versuchsgruppen mit 5 und mit 10 % SCP im pelletierten Futter zeigten eine gleiche Leistung wie die Kontrolltiere. Die Gruppe mit 15 % SCP im pelletierten Futter erreichte die Kontrollgruppenleistung nicht. Mehlförmige Diät führte zu schlechterem Wachstum als pelletiertes Futter mit SCP.

Tabelle 8: **LEBENDMASSEZUNAHME, FUTTERVERWERTUNG UND FUTTERVERZEH
VON KÜHEN NACH 28 VERSUCHSTAGEN**

Waldroup und Payne (1974)

Code	(K ₁)	(K ₂)	(3)	(4)	(5)
% SCP	0	0	5	10	15
LM% (g)	553	595	513	431	413
g LM%/kg Futter	599	615	564	511	507
Futterverzehr (g)	925	970	909	852	818

Vogt, Harnisch und Tordes (1975) verfütterten Protein von auf Methanol gezüchteten Bakterien über 7 Wochen an Broilerküken. Die Rationen enthielten auf Kosten von Sojaschrot 0, 4, 8, 12, 16 und 20 % SCP. Die Rationen mit 16 % und 20 % SCP wiesen ein Tryptophandefizit auf.

Deshalb wurden diese beiden Rationen mit einem Tryptophanzusatz angeboten. Die Küken mit 20 % SCP im Futter wuchsen um 10 % schlechter als die Kontrolltiere. Für 8 und 16 % SCP im Futter ergab sich dagegen eine etwas bessere Leistung als in der Kontrollgruppe.

Greife, Molnar und Günther (1979) verfütterten an Masthähnchen SCP aus *Alcaligenes eutrophus* (frei von Poly- β -Hydroxybuttersäure). Die Rationen enthielten auf Kosten von Sojaextraktionsschrot 0; 3,29; 6,58; 10,1; 15,1 und 20,1 % SCP. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: **LEBENDMASSE, FUTTERVERZEH, UND FUTTERVERWERTUNG
VON BROILERKÜKEN BEI VERSUCHSENDE (28 TAGE-ERGEBNISSE)**
Greife, Molnar und Günther (1979)

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Versuch	1	2	1	1	2	2	2
AS-SCP/ AS-Ration ¹⁾	0	0	10	20	30	45	60
% SCP im Futter	0	0	3,29	6,58	10,10	15,10	20,10
Lebendmasse (g)	961	1017	933	932	1008	969	752
Futterverzehr (g)	1289	1353	1206	1190	1286	1230	965
g Futter/g LMZ	1,45	1,48	1,39	1,40	1,35	1,41	1,51

¹⁾ Aminosäuren-Stickstoff aus Bakterienprotein in % des Aminosäuren-Stickstoffs aus der Ration.

Während mit 3,3; 6,6 und 15,1 % SCP im Futter Leistungen etwa auf dem Niveau der ersten Kontrollgruppe erhalten wurden, führte 10,1 % SCP zu einer Leistungssteigerung, 20,16 % dagegen zu einer deutlichen Wachstumsdepression. Die Autoren geben als mögliche Gründe für die niedrige Lebendmasse, für den niedrigen Futterverzehr und für die schlechte Futterverwertung eine geringe Verwertung des Zellwand-Stickstoffes, eine höhere Nukleinsäurekonzentration in den SCP enthaltenden Rationen und eine im Darm ablaufende mikrobielle Vergärung der aus SCP stammenden Zellwandpolysaccharide an.

In einer zweiten Untersuchung bestimmten Greife, Molnar, Badawy-Hafez und Günther (1979) den Einfluß von Alcaligenes-Biomasse auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz und des Stickstoffs, auf die N-Bilanz und auf den Proteinansatz von Broilerküken. Außerdem bestimmten sie die Konzentration verschiedener Stickstofffraktionen in Blut, Kot und Harn. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: VERDAULICHKEIT DER ORGANISCHEN SUBSTANZ
DES STICKSTOFFS, N-BILANZ UND PROTEINANSATZ
Greife, Molnar, Badawy-Hafez und Günther (1979)

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
AS-SCP/ AS-Ration ¹⁾	0	0	10	20	30	45	60
% SCP	0	0	3,29	6,58	10,10	15,00	20,10
Verdaulichkeit der O.S. (%)	71,9	72,7	73,8	73,3	73,4	74,5	72,9
N- Verdaulichkeit (%)	88,4	87,5	88,4	87,2	84,3	84,3	81,0
N-Bilanz (% der Aufnahme)	50,4	51,7	52,7	50,2	49,3	48,0	45,4
Proteinansatz (g)	22,7	21,3	22,1	21,3	20,5	20,0	22,2

1) Aminosäuren-Stickstoff aus Bakterienprotein in % des Aminosäuren-Stickstoffs der Ration.

Die Aufnahme von SCP hatte keinen Einfluß auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz. Die Stickstoffverdaulichkeit sowie der Stickstoffansatz war bei Küken, deren Futter 20,1 % SCP enthielt, niedriger als in der Kontrollgruppe. Als Begründung dieser Ergebnisse führten Greife und Mitarbeiter eine hohe Konzentration schlechter verdaubarer Zellwand- und Nukleinsäuren-Stickstoffs in den SCP enthaltenden Rationen an.

Yamazaki, Ando und Kubota (1977) bestimmten bei colostomisierten Hennen die Verdaulichkeit von Rohprotein, Rohfett, N-freien Extraktstoffen und Energie, von Aminosäuren und Nukleinsäuren. Als Protein-

quellen dienten auf Methanol gezüchtete Saccharomyces- und Hansenula-Hefen, auf Äthanol und Essigsäure gezüchtete Candida-Hefen, sowie auf Methanol gezüchtete Enterobacter- und Pseudomonas-Biomasse. Eine Ergebnisübersicht vermittelt Tabelle 11.

Tabelle 11

VERDAUBARKEIT (VK) VON ROHNÄHRSTOFFEN

Yamazaki, Ando und Kubota (1977)

Produzent Substrat	Saccharomyces Methanol	Hansenula Methanol	Candida Äthanol	Candida Essigsäure	Enterobacter Methanol	Pseudomona Methanol
VK-Rohprotein	84	76	85	84	84	85
VK-Rohfett	52	51	51	52	40	60
VK-Energie	64	64	74	71	74	75

Die wahre Verdaulichkeit der Aminosäuren schwankte bei Saccharomyces zwischen 82 % (Tryptophan) und 92,5 % (Leucin) und bei Pseudomonas zwischen 74 % (Tryptophan) und 92 % (Leucin).

2.2.3 SCP bei Legehennen

Yoshida (1975) verglich während 5 Geflügelgenerationen die Lebendmassezunahme, den Futterverzehr, die Futterverwertung und die Mortalität, das Alter und das Eigewicht bei Legebeginn, die Legeleistung, das Eigewicht sowie die Lebendmasse nach 36 Wochen Legezeit, die Schlupfrate und die Fruchtbarkeit von Legehennen, deren Futter 15 % Hefe enthielt, mit den Werten einer Kontrollgruppe. Die "Hefe-Tiere" zeigten während der Aufzucht eine geringfügig erniedrigte Lebendmassezunahme, die in einem späteren Legebeginn resultierte. Das Eigewicht bei Legebeginn, die Fruchtbarkeit und die Schlupfrate der Hühner, welche Hefe erhalten hatten, war höher als in der Kontrollgruppe. Zwischen den anderen erwähnten Versuchsriterien gab es keine gesicherten Unterschiede.

Bei den während der fünften Generation gesammelten Eiern wurde die Dotterfarbe und die Schalendicke bestimmt. Die Dotterfarbe in der Hefe-Gruppe war weniger intensiv als in der Kontrollgruppe. Außerdem waren die Eierschalen um 0,1 mm dünner als in der Kontrollgruppe.

Vogt, Harnisch und Torques (1975) verglichen an Legehennen Futtermischungen mit 0, 2,9, 5,8, 8,7 und 11,6 % eines Proteins auf Methanol-Basis gezüchteter Bakterien. Als Versuchsriterien dienten der Futterverzehr, die Legeleistung, die Eimasse/Henne und Tag, das

Eigewicht, der Futteraufwand und der Eiklarindex. Die Eischalenstabilität wurde drei mal während des Versuchs bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 wiedergegeben.

Tabelle 12: FUTTERVERZEH, LEGELEISTUNG, EIMASSE/HENNE UND TAG, EIGEWICHT, FUTTERAUFWAND, EISCHALENSTABILITÄT UND EIKLARINDEX
Vogt, Harnisch und Torques 1975

Code	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
% SCP im Futter	0	2,9	5,8	8,7	11,6
Futterverzehr (g/Tag)	122	120	120	120	118
Legeleistung (%)	87,3	87,5	87,6	86,9	86,7
Eimasse/Henne und Tag	52,2	54,1	52,6	51,9	52,1
Eigewicht (g)	59,9	62,0	60,0	59,8	60,2
g Futter / g Ei	2,34	2,22	2,28	2,31	2,26
Eischalenstabilität ¹⁾	52	54	57	57	57
Eiklarindex (°/oo) ²⁾	74	78	83	79	78

1) gemessen in der 62. Lebenswoche als elastische Verformung

2) gemessen in der 62. Lebenswoche

Das Eigewicht und die Eimasse/Henne und Tag der Hennen mit 2,9 % SCP lagen gesichert über den korrespondierenden Werten der anderen Versuchsgruppen. Für Futterverzehr, Legeleistung, Eimasse, Eischalenstabilität und den Futteraufwand/Eimasse ergaben sich keine gesicherten Unterschiede.

2.3.1 Einfluß von SCP auf Stoffwechselfparameter

Greife, Molnar, Badawy-Hafez und Günther (1979) beobachteten bei Broilern, deren Futter jeweils 0; 10,1; 15,1 und 20,1 % Alcaligenes-

Biomasse enthielt, keine durch das SCP verursachten Veränderungen des Harnstoff-, Harnsäure- und Eiweiß-Serumspiegels. Die Autoren bestimmten im gleichen Versuch die Harnstoff-, Harnsäure-, NH_3 - und Stickstoff-Ausscheidung. Im Vergleich zu den Tieren, deren Futter kein SCP enthielt, nahm bei Küken mit Bakterienprotein im Futter die N-Ausscheidung über den Kot zu. Das Verfüttern von SCP hatte keinen Einfluß auf die N-Ausscheidung über den Harn, führte aber zu einem Anstieg der Gesamtausscheidung von NH_3 und einer N-haltigen nicht näher bestimmten Fraktion. Die Harnsäure-Ausscheidung war bei SCP-Küken geringfügig niedriger als bei den Kontrolltieren. Wie beim Harnsäure-Serumspiegel wurde auch die Harnsäure-Ausscheidung nicht durch die Stickstoffquelle, sondern durch die Höhe der Stickstoffzufuhr bestimmt.

Yamazaki, Ando, und Kubota (1977) bestimmten bei colostomisierten Hennen, deren Futter 30 % eines SCP aus *Saccharomyces* beziehungsweise *Pseudomonas* enthielt, die Verdaulichkeit der Nukleinsäuren. Die Verdaulichkeit für DNA und RNA betrug bei *Saccharomyces* jeweils 75,5% bzw 65,7% und bei *Pseudomonas* 69,5 % bzw 87,0 %.

2.3.2 Verträglichkeit von SCP bei Geflügel

Das Verfüttern von Hefen und Bakterienprotein verursacht bei Geflügel Durchfall. Heinz, Schädereit und Henk (1979) beobachteten bei Masthähnchen, daß das Verfüttern einer "Fermosin" genannten Hefe (25% im Futter) Durchfall verursacht. Vogt, Krieg und Harnisch (1978) beobachteten bei Küken, deren Futter 17,5 % Alkan-Hefe enthielt, ebenfalls Durchfall. Greife, Molnar und Günther (1979), welche mit einem H_2 oxidierenden *Alcaligenes eutrophus* Stamm arbeiteten, machten bei 20,1 % SCP im Futter dieselbe Beobachtung. Die Untersuchungen von Groop et al. (1975) mit Alkan-Hefen, sowie von Groop et al. (1979, 1980) mit bakteriellem SCP weisen in dieselbe Richtung. Schließlich fanden Vogt, Harnisch und Torges (1975) einen durchfallfördernden Effekt beim Verfüttern von 11,6 % Bakterienprotein auch bei Legehennen.

Organgewichte

D'Mello und Acamovic (1976) (siehe auch Seiten 8 und 9) bestimmten bei Broilerküken die Gewichte von Herz, Leber und Muskelmagen nach SCP-Fütterung. Die Organgewichte sind in Tabelle 13 zusammengefaßt.

Tabelle 13:

LEBER-, HERZ- UND MUSKELMAGENGEWICHTE

D'Mello und Acamovic (1976)

	Versuch 1					Versuch 2				
% SCP im Futter	--	10	20	10	20	0	9,6	19,2	21,0	
N-Gehalt (%)	3,58	4,68	5,59	3,67	3,68	3,63	3,59	3,66	3,60	
Leber g/kg LM	30,8	27,3	31,7	30,5	35,7	28,5	31,7	32,7	37,0	
Herz g/kg LM	8,1	6,9	7,8	8,1	9,1	7,4	9,2	7,8	9,2	
Muskelmagen g/kg LM	22,0	23,9	30,4	24,3	24,0	n.b	n.b	n.b	n.b	

Die relativen Lebergewichte zeigten insbesondere in Versuch 2 eine ansteigende Tendenz mit zunehmendem SCP-Gehalt im Futter.

Yoshida (1975) untersuchte bei Hennen, deren Futter 15 % Hefe enthielt, 13 Organe. Er beobachtete bei diesen Tieren, daß das Gewicht der Nieren, des Muskelmagens und der Eierstöcke höher war als in der Kontrollgruppe. Histopathologische Veränderungen wurden nicht beobachtet.

Ganzkörper-Analysen

D'Mello und Acamovic (1976) führten bei mit Bakterienprotein gefütterten Broilerküken Gesamtkörper-Analysen durch. Die SCP-Konzentrationen im Futter betrugen 0; 9,6; 19,2 und 29 %. Trockensubstanz und Energiegehalt des Gesamtkörpers waren bei den Küken mit 19,2 % und 29 % SCP im Futter erhöht. Der Stickstoffgehalt des Gesamtkörpers dieser Tiere war dagegen erniedrigt.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie geförderten Vorhabens über die Prüfung und ernährungsphysiologische Charakterisierung eines Single Cell Proteins (*Methylomonas clara*, auf Methanol gezüchtet, der Fa. Hoechst/Umde (Probion)) wurden Versuche bei Geflügel durchgeführt, in denen der Effekt von SCP auf die Verwertung von Mineralstoffen und Spurenelementen, der fettlöslichen Vitamine A und D sowie von Carotinoiden geprüft werden sollte.

Da die Natrium- und Kalium-Konzentrationen bei der Rezeptur von Rationen mit bakteriellem SCP besondere Aufmerksamkeit verdienen - ein im Handel befindliches Produkt (Pruteen der Fa. ICI, Agricultural Division; Billingham, Clevel, England) enthält beispielsweise relativ viel Natrium und nur wenig Kalium - wurde ein Versuch mit Probion und Pruteen bei unterschiedlichen Elektrolyt-Konzentrationen im Futter durchgeführt.

Von Hefen ist bekannt, daß ihre Verfütterung in hohen Konzentrationen in der Ration eine Zunahme des Ergänzungsbedarf an Se zur Folge hat (Schwarz und Foltz, 1958). Deshalb wurden in Versuch II hoch-Probionhaltige Rationen mit unterschiedlichen Spurenelementzusätzen an Masthähnchen verfüttert.

Bisherige Nebeneffekte mit Futtermischungen, die ca. 50 % Probion enthielten, beziehen sich auf Diarrhoe, erhöhtes relatives Leber- und Darmgewicht sowie auf eine verringerte Vitamin D-Resorption, in deren Folge Rachitis auftrat (Groop et al. 1979). Um die Wirkung der Darmflora auf diese Nebeneffekte zu bestimmen, wurde ein Versuch gleichzeitig an Gnotobioten und Konventional-Küken durchgeführt.

Da die Ursache für den erhöhten "Vitamin D-Bedarf" bei hoher Probiongabe bisher noch nicht geklärt ist, sollte in Versuch IV die Wirkung gleicher Mengen Cholecalciferol, per os und parenteral an Masthähnchen verabreicht, verglichen werden.

Schließlich wurde an Legewachteln geprüft, ob hier die Verwertung von Cholecalciferol (Versuch V) und von pigmentgebenden Carotinoiden (Versuch VI) bei hohen Gehalten von Probion im Futter beeinträchtigt wird.

3.1 Material und Methoden

Die verschiedenen Versuche (I-VI) werden mit Versuchsanlage, Versuchsdurchführung und Ergebnissen nacheinander beschrieben. Deshalb sollen hier nur einige Gemeinsamkeiten sowie angewandte analytische Methoden im Voraus beschrieben werden.

3.1.1 Tiermaterial

Für die Versuche I, II und IV wurden Eintagshahnenküken einer Mast-rasse (Lohmann B975) verwendet.

Für Versuch III wurden aus einer Brüterei Bruteier derselben Rasse, befruchtet, bezogen. Die Eier wurden unter sterilen Konditionen bebrütet.

Für die Versuche V und VI wurden geschlechtsreife Legewachteln der institutseigenen Koloniezucht verwendet. Das Alter der Versuchstiere betrug bei Versuchsbeginn für Versuch V 4 Monate und bei Versuch VI 8,5 Monate.

3.1.2 Tierhaltung

Die Haltung der Versuchstiere erfolgte in den Versuchen I, II und IV in Mastbatterien auf Drahtboden bei 24 Stunden Dauerlicht. Futter und Wasser (aus Beckentränken) standen zur ad libitum Aufnahme zur Verfügung. Der Stall wurde über ein Warmluftgebläse beheizt.

Im Versuch III wurde ein Teil der Küken unter gnotobiotischen Bedingungen gehalten. Nähere Einzelheiten finden sich bei 3. 4. 1. Die als Kontrolltiere gehaltenen Konventionaltiere (aus demselben Schlupf) wurden, wie für Versuch I, II und IV beschrieben, gehalten. Es muß angemerkt werden, daß die Gnotobioten im Vergleich zu den Konventionaltieren aus technischen Gründen ein begrenzte Futter- und Wasser-Zuteilung erhielten. Beide Gruppen erhielten sterilisiertes Futter. Der gnotobiotische Status der Versuchstiere war folgendermaßen charakterisiert (siehe Seite 18):

Code-Nr:	Futter	Besiedlung
aa	Soja/Soja	polybakteriell, 1 Woche vor Versuchsende
bb	Soja/SCP	ohne bakterielle Besiedlung
cc	SCP/SCP	E. coli und anhämolvtische Streptokokken
dd	SCP/Soja	E. coli und anhämolvtische Streptokokken

Die Legewachteln (Versuche V und VI) wurden zu 2 bis 3 Tieren zusammen in einem Käfig gehalten. Der Käfigboden wies eine leichte Neigung auf, um das Sammeln der Eier zu erleichtern. Futter und Wasser (aus Beckentränken) standen zur ad libitum Aufnahme zur Verfügung. Der Stall war durchgehend beleuchtet. Der mittlere Lux-Wert Versuchsgruppe betrug in Versuch V und in Versuch VI ca. 27 Lux (gemessen vor der vorderen Käfigwand).

3.1.3 Rationszusammensetzung

Alle Diäten entsprachen dem gereinigten Tvo. Darunter wird verstanden, daß nicht Futtermittel, welche ihrerseits verschiedene Rohnährstoffe enthalten, verwendet wurden, sondern nur auf reine Nährstoffträger zurückgegriffen wurde. Probiön wurde in den probiönhaltigen Rationen als einzige Proteinquelle eingemischt mit Ausnahme von Versuch V und Versuch VI. Hier wurde Probiön in ansteigender Reihe mit einem Kontrollprotein verschnitten. Als Kontrollprotein diente eine Mischung aus Sojafeinmehl und Sojaprotein (Ausnahme Versuch VI, hier nur Sojafeinmehl), die ihrerseits stickstoffäquivalent zu Probiön war. Der Vergleich von Probiön mit Sojakontrollprotein erfolgte in der Regel auf reinproteinäquivalenter Basis.

Als Kohlenhydratquelle wurde aufgeschlossene Maisstärke, als Fettträger Sojaöl verwendet.

Soweit möglich (abhängig vom Vorliegen entsprechender Analysenergebnisse) waren die Rationen auch auf einen gleichen Gehalt an Mineralstoffen, insbesondere an Calcium und Phosphor berechnet, wenn die Versuchsfragestellung nichts anderes verlangte (z.B. Versuch 1). Der Calcium- und Phosphor-Gehalt der Rationen konnte für Küken nicht optimal gewählt werden, da beispielsweise 50 % Probiön wegen seines Nukleinsäuregehalts schon zwischen 1,4 und 1,8 % P in die Ration einbrachte. Die Calcium- und Phosphor-Ergänzung der Rationen, auch der Sojakontrollrationen, war deshalb auf ein Ca/P von 1,2-1,3 zu 1

eingestellt, wobei auch der absolute Mineralstoff-Gehalt der verschiedenen Rationen einander entsprechen sollte.

Prohion wurde grundsätzlich mit Methionin und Arginin ergänzt einge-mischt, Sojanprotein wurde mit Methionin und Glycin ergänzt.

Alle Versuchsrationen wurden pelletiert verfüttert, da aus anderen Versuchen mit Prohion bekannt war, daß mehlförmiges Futter zu Ver-zehrsdepressionen führt (Grono, König, Stadler, 1980). Der Pellet-durchmesser betrug in den Versuchen I, II und IV 3 mm, in den Versu-chen III, V und VI 1,5 mm.

Alle Mischungen wurden auf der institutseigenen Anlage hergestellt und pelletiert.

Da der Pelletiervorgang in der Regel einen geringen Wasserzusatz zur Ration erforderlich machte, wurde allen Rationen Calcium-Probio-nat *) zugesetzt, um eine Vermehrung von Bakterien bei nicht auszu-schließender Kontamination zu verhindern.

3.1.4 Begriffsdefinitionen

Die Lebendmassezunahme (LMZ) wird in g/Tier und Versuchsperiode an-gegeben.

Die Futterverwertung wird als Quotient von g LMZ und kg verzehrten Futters berechnet.

Leber- und Herzgewichte wurden absolut bestimmt. Sie werden angegeben in g und in Relation zur Lebendmasse (%).

Das Darmgewicht wird als Dünndarmgewicht verstanden. In Versuch III wurden die Därme mit Inhalt gewogen; im Versuch IV wurde das Leerge-wicht bestimmt. Es wird absolut (g) und als % der Lebendmasse angege-ben.

Die prozentuale Vitamin A-Speicherung wird als der Anteil des aufge-nommenen Vitamin A verstanden, der in der Leber gespeichert wurde.

Die Dotterfarbe wurde mit Hilfe des Roche-Farbfächers bestimmt. Die Skala umfaßt 10 Werte (niedrigster Wert: 6; höchster Wert: 15).

*) Luprosil der Fa. BASF, Ludwigshafen

3.1.5 Analysenmethoden

Die Bestimmung von Phosphor im Blutserum erfolgte nach der Molybdat-Vanadat Methode (Boehringer Diagnostica, Test Kombination Nr 124974). Nähere Einzelheiten finden sich bei Feuchter (1982).

Phosphor in der Knochenasche wurde ebenfalls mit der Molybdat-Vanadat Methode ermittelt. Dabei wurden ca. 30-70 mg Knochenasche eingewogen und in 20 - 30 ml einer Mischung aus Salpetersäure (100%ig), Salzsäure (32%ig) und Wasser (Verhältniss 1 : 1 : 2) gelöst. Nach Filtration über ein Weißbandfilter wurde auf 250 ml aufgefüllt. 10 ml dieser Lösung wurden mit 30 ml Molybdat-Vanadat Lösung versetzt. Der entstandene gelbe Farbkomplex wurde bei 436 nm photometrisch gemessen (Eppendorf Digitalphotometer 6114 S).

Die Bestimmung von Ca in Serum und Knochen erfolgte flammenphotometrisch. Das Verfahren ist bei Grund (1982) genauer beschrieben.

Zur Ca-Bestimmung in der Knochenasche wurden 30-40 mg Knochenasche eingewogen und mit ca. 10 ml HCl (32 %ig) versetzt. Nach Filtration wurde die Lösung auf 100 ml mit Aqua dest. aufgefüllt und danach flammenphotometrisch gemessen.

Die Analyse von Vitamin A in der Leber wurde nach dem von Hoppe et al. (1971) beschriebenen Verfahren vorgenommen.

3.1.6 Versuchsauswertung

Die Ergebnisse wurden als Mittelwerte der Wiederholungen (Käfige) berechnet und zusammen mit der Standardabweichung angegeben.

Nur im Versuch III dienten die Einzelwerte als Berechnungsbasis (wegen des methodisch bedingten Fehlens von Wiederholungen im statistischen Sinne).

Die Endergebnisse wurden mit Hilfe des U-Tests nach Wilcoxon, Mann und Whitney (Sachs 1974) auf das Vorliegen von Gruppenunterschieden geprüft.

3.2 Versuch I (Elektrolyte)

In Untersuchungen mit einem bakteriellen Single Cell Protein auf der Basis von Methanol in gereinigten Diäten waren bei Küken innerhalb von 10 Tagen gehäuft Todesfälle aufgetreten (Yoshida 1977). Weiterführende Untersuchungen wurden angestellt, da der Verdacht auf ein Zelloberflächen-Endotoxin überprüft werden sollte. In diesen Studien stellte sich dann heraus, daß die erhöhte Mortalität mit einem gravierenden Kalium-Mangel dieser SCP-Diäten in Zusammenhang stand, welcher durch die tivoische Mineralstoffergänzung nicht ausgeglichen worden war. Zusätze an Kalium reduzierten die Mortalität in den Versuchsgruppen auf Kontrollgruppenniveau.

Das verwendete SCP war relativ Natrium-reich, dafür aber Kalium-arm. Die Natrium- und Kalium-Konzentration von Probion folgt einem anderen Muster: Probion enthält im Mittel 0,8 % Kalium und 0,08 % Natrium. Dennoch sollte der Frage nachgegangen werden, ob die Verwendung hoher Anteile von Probion im Futter nicht möglicherweise eine andere Natrium- und/oder Kalium-Ergänzung im Futter notwendig macht, als dies in Soja-Kontrollrationen für üblich sowie für notwendig angesehen wird.

Die geplanten Untersuchungen waren deshalb von besonderer Bedeutung, da von Talbot (1978) und Mongin (1981) Hinweise vorliegen, daß die Fähigkeit von Mastgeflügel, insbesondere Natrium-, Kalium- und Chlorid-Imbalancen zu kompensieren, nur beschränkt ist. So schreibt Talbot (1978), daß ein Quotient aus der Summe von Kalium plus Chlorid durch Natrium gleich 1 nicht unterschritten werden sollte, da bei hoher Natrium-Belastung dann mit einer erhöhten Mortalität und der Anhäufung von Harnsäure im Körper (Eingeweide-gicht) zu rechnen sei.

Dagegen gibt Mongin (1981) eine völlig andere Gleichung für das optimale Verhältnis der drei genannten Elektrolyte in Geflügelfutter an. Der Ausdruck Natrium plus Kalium minus Chlorid soll nach Mongin (1981) möglichst nahe bei 25 Milliäquivalent/100 g Futter liegen. Schon geringfügige Abweichungen von dem "Optimalwert" führten in seinen Untersuchungen zu Wachstumsdepressionen (gemessen über das 4 Wochen Gewicht).

3.2.1 Versuchsplan

Der Versuch war in erster Linie auf eine Überprüfung der Angaben von Mongin (1981) ausgerichtet, da bei relativ geringen Abweichungen von der empfohlenen Idealzahl schon mit Veränderungen der Wachstumsrate zu rechnen war. So wurden insgesamt 7 Sojarationen konzipiert, in denen die "Monginsche-Zahl" von 248 bis 386 Milliäquivalente /kg Futter variierte. Damit verbunden waren Änderungen des von Talbot angegebenen Quotienten von 0,99 bis 2,39; der von Talbot angegebene Grenzbereich wurde damit de facto nicht unterschritten.

In 3 weiteren Rationen gelangte Pruteen (SCP, auf Methanol-Basis, der Firma ICI, Agricultural Division, Billingham, Cleveland, England) zur Prüfung. Dieses SCP entsprach im Typo der von Yoshida (1977) untersuchten Einzeller-Biomasse. Die "Walbotsche Zahl" lag in allen 3 Pruteen-Rationen bei etwa 1. Bei drei weiteren Rationen wurde Probiom FM 430 eingesetzt. Die Monqinsche-Zahl nahm hier einen Bereich von 149 bis 290 Milliäquivalente/kg Futter ein.

Insgesamt wurden 5 Bereiche der Natrium-Konzentration im Futter (von 0,22 bis 0,77 %) bei Kalium-Konzentrationen von 0,60 bis 1,01 % und Chlorid-Gehalten von 0,13 bis 0,62 % untersucht. Über die Einzelheiten der Versuchsanlage orientiert Tabelle 14 (a und b).

Tabelle 14:

VERSUCHSANLAGE

a)

Versuch I

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5)	(7)
R.P.-Quelle *****—SOJA—*****							
Na %	0,54	0,22	0,30	0,45	0,53	0,53	0,76
K %	0,81	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Cl %	0,54	0,13	0,25	0,50	0,62	0,13	0,50
Na mmol/kg	235	96	130	200	231	231	331
K mmol/kg	207	192	192	192	192	192	192
Cl mmol/kg	152	37	71	141	175	37	141
Na+K-Cl ^{*)}	290	251	251	251	248	386	382
(K+Cl)/Na	1,53	2,39	2,02	1,67	1,59	0,99	1,01
Tierzahl	8x10	8x10	8x10	8x10	8x10	8x10	8x10

*) Milliäquivalente /kg Futter

Tabelle 14:
b)

VERSUCHSANLAGE

Versuch I

Code	(8)	(9)	(10) *	(11)	(12)	(13)
R.P.-Quelle	*****--PRUTEN--***			*****--FM 430--*****		
Na %	0,77	0,77	0,77	0,54	0,40	0,40
K %	0,81	1,01	0,70	0,81	0,60	0,43
Cl %	0,54	0,28	0,56	0,54	0,16	0,32
Na mmol/kg	335	335	335	235	174	174
K mmol/kg	207	258	179	207	153	110
Cl mmol/kg	152	79	158	152	45	90
Na+K-Cl *) (K+Cl) /Na	390 1,07	514 1,01	356 1,01	290 1,53	282 1,14	194 1,15
Tierzahl	8x10	8x10	8x10	7x10	8x10	8x10

*) Milliäquivalente /kg Futter

3.2.1.1 Versuchsdauer

Die Versuchsdauer betrug 15 Tage (22.1.1981-6.2.1981). Ein Tag alte Küken wogen bei Versuchsbeginn 39 g. Die Küken wurden bei Versuchsbeginn, nach 7 und 15 Tagen gewogen.

3.2.1.2 Versuchskriterien

Als Versuchskriterien dienten Gewichtsentwicklung, Futterverwertung und Mortalität.

3.2.1.3 Rationszusammensetzung

Die Zusammensetzung der Versuchsrationen ist in Tabelle 15 angegeben (siehe Seiten 24 und 25).

Tabelle 15:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%)

a)

Versuch I

SCP-Chargen : Probion FM 430 und Pruteen (ICI-SCP)

Code	(1)	(2-5)*	(6/7)**	(8)
Sojaprotein (RP 100)	22,360	22,360	22,360	—
Sojafcinmehl	29,260	29,260	29,260	—
SCP	—	—	—	—
Pruteen	—	—	—	51,620
DL-Methionin	0,485	0,485	0,485	0,260
L-Arginin-HCl	—	—	—	0,175
Glycin	0,669	0,669	0,669	—
Ca-Propionat	0,500	0,500	0,500	0,500
Ca-Carbonat	0,767	0,566	1,236	3,649
Dicalcium-Phosphat	5,200	5,544	4,394	0,789
Viehsalz	0,544	0,200	0,200	—
Na-Acetatz3H ₂ O	—	—	—	—
Na-Phosphat (sek.)	0,942	0,368	1,315	—
K-Acetat	—	—	—	—
K-Chlorid	0,421	—	—	1,043
K-Phosphat (sek.)	—	0,359	0,359	0,379
Mg-Oxid	0,187	0,187	0,187	0,151
Cellulose	2,000	2,000	2,000	2,000
Spurenelement-VM 1)	0,100	0,100	0,100	0,100
Vitamin-VM 2)	0,300	0,300	0,300	0,300
Prämix I 3)	—	—	—	1,000
Cholinchlorid (50%ig)	0,300	0,300	0,300	0,300
Sojaöl	7,000	7,000	7,000	3,000
Lupolen	0,230	1,067	0,600	0,912
Maisstärke	ad 100,000			—

Tabelle 15:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%)

b)

Versuch I

SCP-Chargen: Probion FM 430 und Pruteen (ICI-SCP)

Code	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Sojaprotein (RP 100)	-----	-----	-----	-----	-----
Sojafinmehl	-----	-----	-----	-----	-----
SCP	-----	-----	51,620	51,620	51,620
Pruteen	51,620	51,620	-----	-----	-----
DL-Methionin	0,260	0,260	0,183	0,183	0,183
L-Arginin-HCl	0,175	0,175	0,181	0,181	0,181
Glycin	-----	-----	-----	-----	-----
Ca-Propionat	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Ca-Carbonat	3,901	3,474	3,631	3,631	3,631
Dicalcium-Phosphat	0,356	1,089	-----	-----	-----
Viehsalz	-----	-----	0,569	0,043	0,307
Na-Acetat-3H ₂ O	-----	-----	0,835	0,835	0,219
Na-Phosphat (sek.)	-----	-----	0,325	0,651	0,651
K-Acetat	0,750	-----	0,509	0,432	-----
K-Chlorid	0,488	1,091	-----	-----	-----
K-Phosphat (sek.)	0,815	0,071	0,399	-----	-----
Mg-Oxid	0,151	0,151	0,131	0,131	0,131
Cellulose	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Spurenelement-VM 1)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Vitamin-VM 2)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Prämix I 3)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cholinchlorid (50%ig)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Sojaöl	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Lupolen	0,462	1,047	-----	0,776	1,560
Maisstärke	----- ad 100,000 -----				

* (3) zusätzlich (%): Viehsalz 0,200 zu Lasten von Lupolen

(4) " : Viehsalz 0,600 " " " "

(5) " : Viehsalz 0,800 " " " "

** (7) " : Viehsalz 0,600 " " " "

1) entsprechende Vormischungen siehe Anhangstabelle a

2) entsprechende Vormischungen siehe Anhangstabelle b

3) zusätzlich: 1065 I.E. Cholecalciferol/kg Futter

3.2.1.4 Nährstoffgehalt der Rationen

Alle Rationen waren isokalorisch berechnet und enthielten 32 % Reinprotein. Der Gehalt an Calcium, Phosphor und Magnesium wurde mit 1,78 %; 1,45 % beziehungsweise 0,21 % errechnet. Die Konzentration schwefelhaltiger Aminosäuren war in allen Rationen auf 4,5 % des Reinproteins eingestellt. Glycin-Ergänzung zu Sojarationen erhöhte den Gehalt auf 5,5 % des Reinproteins, Arginin-Zusatz zu den SCP-Rationen führte zu einem Gehalt von 5,1 % Arginin im Reinprotein. Tabelle 16 informiert über den analytisch ausgewiesenen Nährstoffgehalt der Rationen.

Tabelle 16:

ROHNÄHRSTOFFGEGHALT (%) DER VERSUCHSRATIONEN

VERSUCH I

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Trockensubstanz	92,6	92,5	92,1	91,9	91,7	92,1	91,5	91,6	89,7	89,1	90,1	90,1	90,1
Rohprotein	33,3	33,6	31,7	33,4	33,3	33,2	31,7	37,2	36,7	39,4	38,2	37,2	39,5
Asche	8,69	7,97	8,14	8,38	8,55	8,42	8,90	8,73	8,78	8,36	8,22	7,64	7,87
Phosphor	1,45	1,23	1,30	1,51	1,37	1,49	1,58	1,44	1,44	1,40	1,47	1,38	1,44
Calcium	1,65	1,69	1,72	1,75	1,73	1,70	1,66	1,68	1,66	1,67	1,63	1,64	1,63

3.2.1.5 Versuchsverlauf

Bereits während der ersten Versuchswoche waren in allen Versuchsgruppen relativ hohe Verluste aufgetreten. Die Mortalitätsrate war dabei nicht mit bestimmten Elektrolvt-Konzentrationen oder der Proteinquelle korreliert. Es stellte sich heraus, daß infolge technischen Versagens eine kontinuierliche Wasserversorgung der Küken nicht gewährleistet war. Eine Beseitigung der Mängel führte darauf zu einem sofortigen Abfall der Mortalitätsrate im restlichen Versuchszeitraum. Allerdings mußte eine Wiederholung in Gruppe (10) wegen Kümerns von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Insofern kann das Kriterium Mortalität zur Beurteilung der Versuchsergebnisse nicht weiter herangezogen werden. Die nachstehende Tabelle 17 unterrichtet über die Mortalitätsraten.

Tabelle 17:

MORTALITÄTSRATE IN 15 VERSUCHSTAGEN

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
R.P.-Quelle *****--SOJA-----*****							
Na %	0,54	0,22	0,30	0,46	0,53	0,53	0,76
K %	0,81	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Cl %	0,54	0,13	0,25	0,50	0,62	0,13	0,50
Na+K-Cl (K+Cl)/Na	290 1,53	251 2,39	251 2,02	251 1,67	248 1,59	386 0,99	382 1,01
Tierzahl:	8x10	8x10	8x10	8x10	8x10	8x10	8x10
Mortalität (%)	9	15	13	13	5	11	10

Code	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
R.P.-Quelle *****--PROTEIN-----***** *****--FM 430-----*****						
Na %	0,77	0,77	0,77	0,54	0,40	0,40
K %	0,81	1,01	0,70	0,81	0,60	0,43
Cl %	0,54	0,28	0,56	0,54	0,16	0,32
Na+K-Cl (K+Cl)/Na	390 1,07	514 1,01	356 1,01	290 1,53	282 1,14	194 1,15
Tierzahl	8x10	8x10	7x10	7x10	8x10	8x10
Mortalität (%)	10	11	23	6	11	6

3.2.2 Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse finden sich in den Tabellen 18 a und b zusammengefaßt, dabei unterrichtet Tabelle 18 a über die Ergebnisse der Sojarationen, Tabelle 18 b enthält die korrespondierenden Werte der SCP-Rationen mit Pruteen beziehungsweise Probion FM 430.

Tabelle 18: **LEBENDMASSE (LM) UND KUMULATIVE FUTTERVERWERTUNG**

a)

Versuch I
Relativzahlen in Klammern

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
R.F.-Quelle *****—SOJA—*****							
Na %	0,54	0,22	0,30	0,46	0,53	0,53	0,76
K %	0,81	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Cl %	0,54	0,13	0,25	0,50	0,62	0,13	0,50
Na mmol/kg	235	96	130	200	231	231	331
K mmol/kg	207	192	192	192	192	192	192
Cl mmol/kg	152	37	71	141	175	37	141
Na+K-Cl	290	251	251	251	248	386	382
(K+Cl) / Na	1,53	2,39	2,02	1,67	1,59	0,99	1,01
LM 7 Tage ±s	145 21	149 12	154 9	154 10	151 4	146 10	148 18
LM 15 Tage ±s	387 ^a 40	393 ^a 30	394 ^a 19	389 ^a 40	389 ^a 35	388 ^a 16	385 ^a 36
Relativ	(100)	(102)	(102)	(101)	(101)	(100)	(99)
g Zunahme/ kg Futter ±s	829 ^a 25	804 ^a 37	820 ^a 27	804 ^a 42	818 ^a 40	811 ^a 26	805 ^a 24
Relativ	(100)	(97)	(99)	(97)	(99)	(98)	(97)

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindizes sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Tabelle 19: **LEBENDMASSE (LM) UND KUMULATIVE FUTTERVERWERTUNG**
b)Versuch I
Relativzahlen in Klammern

Code	(8)	(9)	(10) [*]	(11)	(12)	(13)
R.P.-Quelle	*****	PRIMEFEN	*****	*****	PM 430	*****
Na %	0,77	0,77	0,77	0,54	0,40	0,40
K %	0,81	1,01	0,70	0,81	0,60	0,43
Cl %	0,54	0,28	0,56	0,54	0,16	0,32
Na mmol/kg	335	335	335	235	174	174
K mmol/kg	207	258	179	207	153	110
Cl mmol/kg	152	79	158	152	45	90
Na+K-Cl (K+Cl)/Na	390 1,07	514 1,01	356 1,01	290 1,53	282 1,14	194 1,15
LM 7 Tage ±s	121 9	125 9	126 11	116 13	110 9	112 9
LM 15 Tage ±s	279 ^{dh} 17	291 ^b 20	303 ^b 32	271 ^{dc} 24	255 ^c 25	250 ^c 18
Relativ	(72) [*] (100) ^{**}	(75) [*] (104) ^{**}	(78) [*] (109) ^{**}	(70) [*] (100) ^{**}	(66) [*] (94) ^{**}	(65) [*] (93) ^{**}
g Zunahme/ kg Futter-s	653 ^{bc} 66	662 ^b 60	676 ^{bc} 67	653 ^{bc} 63	637 ^{bc} 75	611 ^c 41
Relativ	(79) [*] (100) ^{**}	(80) [*] (101) ^{**}	(82) [*] (104) ^{**}	(79) [*] (100) ^{**}	(77) [*] (98) ^{**}	(74) [*] (94) ^{**}

* relativ zur Sojakontrollgruppe

** relativ zur jeweiligen SCP-Gruppe (8) bzw. (11)

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Trotz der weiten Variation in der Monginschen-Zahl (Spannweite 248 bis 386) sind die 15-Tage Lebendmassen der Sojagruppen (1) bis (7) nahezu numerisch gleich ausgefallen. Der statistische Test bestätigt diesen Augenschein ($p < 0,1$). Diese Feststellung gilt auch für die 15 Tage-Futterverwertung, die mit Werten zwischen 804 und 829 g Zunahme/kg Futter einen absolut guten Bereich erreicht hat. Diese

Feststellung überrascht zunächst, da diese Ergebnisse nach den Untersuchungen von Mongin nicht zu erwarten waren. Es könnte allenfalls angenommen werden, daß die vorliegende Versuchsdauer zu kurz war, um eine mangelnde Kompensation einer Elektrolyt-Imbalance in Gewichtsentwicklung und Futterverwertung erkennen zu lassen. Dazu muß aber angemerkt werden, daß die von Mongin (1981) nach 4 Wochen Versuchsdauer angegebenen absoluten Lebendmassen nur um allenfalls 10% über den hier gemessenen 15 Tage-Werten liegen. Deshalb ist hier mit einer besseren Futterverwertung und damit auch einer stärkeren Inanspruchnahme des Elektrolyt-Kompensationsvermögens zu rechnen. Dieser Faktor wirkt der kürzeren Versuchsdauer entgegen, so daß letztlich doch ein Ansprechen der Versuchsparameter auf die unterschiedliche Elektrolyt-Belastung hätte erwartet werden dürfen.

Eine Aussage über die Relevanz der Angaben von Talbot (1978) lassen die Versuchsergebnisse nicht zu, da in keiner Ration der von Talbot angegebene kritische Grenzwert unterschritten wurde. Insofern widersprechen die eigenen Befunde den Angaben von Talbot nicht.

Die 15 Tage LM in den SCP-Gruppen (8) bis (13) war ebenso wie die Futterverwertung signifikant ($p < 0,10$) schlechter ausgefallen als in den Sojagruppen. Dabei bestanden innerhalb der Pruteen-Gruppen (8) bis (10) beziehungsweise der Probion-Gruppen (11) bis (13) hinsichtlich der genannten Parameter keine signifikanten Unterschiede ($p < 0,10$).

Die Gewichtsdepression gegenüber den Sojakontrollgruppen betrug für die Pruteen-Gruppen etwa 25 %; für die Probion-Gruppen etwa 33 %.

Wie schon aus den Ergebnissen der Sojagruppen gefolgert werden konnte, hat sich auch in den SCP-Gruppen die Monginsche-Zahl als relativ insensibler Parameter erwiesen. Hier könnte allerdings eingewendet werden, daß andere Faktoren die Gewichtsentwicklung bereits so beeinträchtigt haben, daß eine Ausprägung einer Elektrolyt-Imbalance als Minderung von Gewichtsentwicklung und Futterverwertung nicht mehr zum Tragen kommen konnte.

Dessen ungeachtet ergibt sich als Schlußfolgerung, daß in Anbetracht der erzielten Wachstumsraten die beiden geprüften Einzeller-Biomassen offensichtlich keine grundsätzlich anderen Ansprüche an den Natrium-, Kalium-, und Chlor-Gehalt von Futter stellen, als sie für Sojaprotein in Geflügelrationen als ausreichend und verträglich gezeigt werden konnten.

Die Befunde von Yoshida (1977) sowie die eigenen Ergebnisse unterstreichen beide, wie wichtig es ist, sich vor Prüfung neuer unkonventioneller Futtermittel über alle Rohnährstoffgehalte und nicht nur über die augenfällig bedeutsamen, sondern eben auch über Mineralstoffe und gegebenenfalls auch Spurenelemente ausreichend zu orientieren. Dieses ist von besonderer Bedeutung bei Verwendung gereinigter Rationen, da hier eine Ausgleichswirkung von anderen Komponenten nicht zu erwarten ist.

Yoshida, Ikumo und Hoshii (1977) untersuchten tierexperimentell 13 verschiedene Single Cell Proteine, von denen 10 einen Selen-Gehalt kleiner als 0,03 ppm aufwiesen. Mit all diesen Einzeller-Chargen gelang es innerhalb von 5 Wochen, bei Kikien Exsudative Diathese experimentell zu erzeugen. Yoshida führte dieses auf einen Mangel an Selen im Kulturmedium zurück, da durch Zusatz von Selen zum Kulturmedium der Selen-Gehalt von Einzeller-Biomasse erhöht wird.

Obwohl die am Institut in Versuchen routinemäßig eingesetzte Spurenelement-Vormischung für eine nennenswerte Selen-Ergänzung aller Rationen sorgt (0,5 ppm Selen-Zusatz bei 0,1 % Spurenelement-Vormischung) sollte in Versuch II die Wirkung von Selen und anderen Spurenelement-Zusätzen auf das Wachstum von Kälbern bei Angebot hoch-Probiotischer Rationen untersucht werden.

Auf der Grundlage rechnerisch bereits ausreichend mit Spurenelementen ergänzter Protein-Rezepturen wurden 5 Rationen die Spurenelemente Selen, Jod, Kupfer, Zink und Mangan, einer weiteren Ration Magnesium, jeweils einzeln zugesetzt. Eine letzte Versuchsration enthielt das kombinierte Magnesium- und Spurenelement-Supplement.

Die Versuchsanstellung berücksichtigt damit den Einwand, daß selbst bei rechnerisch und analytisch ausreichendem Spurenelement-Gehalt der Rationen durch SCP Verfügbarkeitsänderungen zumindest theoretisch nicht ausgeschlossen werden können, über die Versuchsanlage orientiert Tabelle 19.

VERSUCHSANLAGE VERSUCH II

[illegible]

3.3.1.1 Versuchsdauer

Eintagskiken wurden nach einer Vorperiode von 5 Tagen eingesetzt und für 13 Tage mit den Versuchsrationen gefüttert (14. VII. 1981.- 27. VII. 1981). Eine Zwischenwiegung erfolgte nach 7 Versuchstagen.

3.3.1.2 Versuchskriterien

Als Versuchskriterien wurden Wachstum, Futterverwertung und Mortalität herangezogen.

3.3.1.3 Rationszusammensetzung

Die Rezeptur der Futtermischung für die Vorperiode findet sich in Anhangstabelle c. Über die Zusammensetzung der Basalration unterrichtet Tabelle 20.

Tabelle 20: RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) VERSUCH II

(1) - (8)

Probion FM 479	51,620
Calciumcarbonat	3,656
Viehsalz	0,711
Na ₂ HPO ₄	0,486
Na-Acetat x 3H ₂ O	0,337
K-Acetat	0,853
MgO	0,134
Zellulose *	2,000
Vitamin-VM	0,300
Spurenelement-VM*	0,100
Cholinchlorid	0,300
Vitamin D-Prämix	1,000
DL-Methionin	0,244
L-Arginin-HCl	0,339
Sojaöl	3,000
Luerosil	0,500
Sirona	34,420

* Vitamin- und Spurenelement-VM siehe Anhangstabellen b und a

Die Rationen 2, 3, 4, 5, 6 bzw. 7 enthalten jeweils auf Kosten von Sirona 1 ppm Se als Na₂SeO₃, 7,5 ppm J als KI, 500 ppm Mg als MgO, 7,5 ppm Cu als CuSO₄, 150 ppm Zn als ZnSO₄ und 150 ppm Mn als MnSO₄. Ration 8 enthält auf Kosten von Sirona alle erwähnten Spurenelemente und Magnesium in den angegebenen Konzentrationen.

3.3.1.4 Nährstoffgehalt der Rationen

Alle Rationen enthielten Probion FM 479 als einzige Proteinquelle. Der Reinproteingehalt war mit 32,0 % errechnet. Der Calcium-, Phosphor-, Magnesium-, Natrium-, Kalium- beziehungsweise Chlorid-Gehalt betrug 1,78; 1,45; 0,21; 0,54; 0,81 bzw. 0,54. Der Gehalt an Methionin und Cystein war auf 4,5 %, der von Arginin auf 6,1 % vom Reinprotein eingestellt. Alle Rationen enthielten einen Zusatz von 10.656 I.E. Vitamin D₃/kg Futter.

Der analytisch ermittelte Rohnährstoffgehalt der Rationen ist in Tabelle 21 wiedergegeben.

Tabelle 21:

ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DER RATIONEN VERSUCH II

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Trockensubstanz	90,4	91,0	90,2	90,5	89,5	90,6	90,5	91,3
Rohprotein	41,20	39,88	38,00	39,12	40,03	40,49	40,04	42,12
Asche	8,30	8,25	8,34	8,34	8,25	8,40	8,28	8,48
Phosphor	1,36	1,46	1,33	1,44	1,45	1,23	1,43	1,49
Calcium	1,67	1,72	1,58	1,66	1,72	1,61	1,63	1,62

3.3.1.5 Versuchsverlauf

Der Versuch verlief ohne Störungen. Die Mortalität betrug maximal 3 von 40 Tieren einer Versuchsgruppe. Rationsabhängige Unterschiede waren nicht zu beobachten. Über die jeweiligen Mortalitätsraten informiert die Ergebnistabelle 22.

3.3.2 Ergebnisse

Lebendmassezunahme und Futtermittelverwertung sind in Tabelle 22 zusammengefaßt. Die durchschnittliche Wachstumsrate entsprach den Erwartungen, die an eine hoch-Probion-haltige Ration gestellt werden können.

Im Mittel dürften etwa 50 bis 70 % der Lebendmassezunahme erreicht worden sein, mit der bei Verfütterung einer vollwertigen Kontrollration gerechnet werden dürfte.

Tabelle 22: LEBENDMASSEZUNAHME (LMZ), FUTTERWERWERTUNG UND MORALITÄT
VERSUCH II

Relativzahlen in Klammern
Lebendmasse bei Versuchsbeginn: 78g

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Proteinquelle	SCP							
Zusatz Menge (ppm)	---	Selen 1	Jod 7,5	Mg 500	Kupfer 100	Zink 150	Mangan 150	alle
Tierzahl	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
LMZ								
7 Tage (g)	118 7 (100)	115 6 (97)	111 10 (94)	113 3 (96)	114 7 (97)	112 3 (95)	112 9 (95)	113 9 (96)
13 Tage*	273 21 (100)	263 13 (96)	249 29 (91)	240 19 (88)	255 20 (93)	265 14 (97)	260 31 (95)	254 15 (93)
g LMZ/kg Futter*	676 46 (100)	668 61 (99)	635 53 (94)	623 42 (92)	648 16 (96)	686 43 (101)	646 28 (96)	665 21 (98)
Mortalität %	0	0	3	8	3	5	3	0

* keine signifikanten Unterschiede ($p < 0,1$)

Die 13 Tage-LMZ der Kontrollgruppe erreichte den absolut höchsten Wert (273 g). In allen anderen Versuchsgruppen wurden mehr oder minder geringfügig niedrigere Lebendmassezunahmen erreicht. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen traten allerdings nicht auf ($p < 0,1$).

Die Futterverwertung folgt im Trend der Gewichtsentwicklung. Auch hier waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen aufgetreten.

Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, daß die bisher verwendete Sorenelement- und Magnesium-Ergänzung offensichtlich ausreichend war, da durch entsprechende Zusätze keine Verbesserung von Wachstum und Futterverwertung zu beobachten war.

3.4 Versuch III (Gnotobioten-Versuch)

Die als Folge der oralen SCP-Aufnahme beobachteten Nebeneffekte wie beispielsweise Diarrhoe, Erhöhung des Dünndarmgewichtes und des Lebergewichtes könnten auch mit einer Interaktion von SCP mit der Darmflora in Verbindung gebracht werden (Gropp 1979, Gropp et al. 1980). Deshalb sollten Küken mit gleichen Rationen unter konventionellen und gnotobiotischen Bedingungen gehalten werden, damit eventuell unterschiedliche SCP-Effekte den Haltungsbedingungen zugeordnet werden können. Somit sollten unter konventionellen und gnotobiotischen Bedingungen Wirkungen und Nebenwirkungen der Fütterung einer sterilisierten hoch-SCP-haltigen Diät im Vergleich zu einer gleichbehandelten Sojakontrollration geprüft werden. Zusätzlich sollte ein eventuell auftretender Kurzzeiteffekt der Versuchsrationen erfaßt werden.

3.4.1 Versuchsplan

Über die Versuchsanlage unterrichtet nachfolgende Tabelle 23.

Tabelle 23:

VERSUCHSANLAGE Versuch III

Code	A	B	C	D
Fütterung				
Schlupf-12.2.	Soja	Soja	SCP	SCP
12.2.-Ende	Soja	SCP	SCP	Soja

3.4.1.1 Versuchsdauer

Der Versuch begann am 28. Januar 1981 mit dem Schlupf der Gnotobioten. Die erste Versuchshälfte erstreckte sich über 14 Tage bis zum 12. Februar, die zweite Versuchshälfte bis zum 23./27. Februar 1981. Die Gesamt-Versuchsdauer betrug 4 Wochen. Ein einheitliches Versuchsende für alle Tiere konnte wegen der aufwendigen Aufarbeitung der Tiere nicht verwirklicht werden. Insofern wurde an 5 aufeinander folgenden Tagen jeweils ein zufällig ausgewählter Teil der Tiere aller Gruppen aus dem Versuch genommen, gewogen, getötet und anschließend aufgearbeitet. Die im folgenden als Versuchs-Endergebnisse (4 Wochen-Daten) bezeichneten Werte beziehen sich auf die Mittelwerte der in 5 Tagen gewonnenen Kriterien.

Da nicht von allen Tieren für sämtliche Versuchsparameter Proben entnommen werden konnten, beziehen sich die einzelnen Ergebnistabellen auf eine unterschiedliche Tierzahl. Dieses betrifft auch die jeweils korrespondierende Lebendmasse, die infolgedessen in den einzelnen Tabellen gesondert ausgewiesen wird.

3.4.1.2 Versuchs-kriterien

Als Versuchs-kriterien dienten Wachstum sowie verschiedene Parameter des Ca- und P-Stoffwechsels. Da eine Verzehrsmessung in Isolatorhaltung nicht möglich war, unterblieb die Berechnung der Futterverwertung. Bei Versuchsende wurden Blut- und Knochen-Proben (rechte Tibia) zur Bestimmung der Calcium- und Phosphor-Konzentration entnommen. Im Institut für Tierpathologie der Universität München wurden die Tiere pathologisch untersucht. Von den Organen Leber, Herz und Darm wurden histologische Präparate angefertigt und begutachtet.¹⁾ Bei der Organentnahme wurden Leber, Herz und Darm einzeln gewogen und anschließend fixiert. An jeweils 15 Kälben pro Gruppe²⁾ (Gruppe c 14) wurden hämatologische Untersuchungen durchgeführt.

-
- 1) Herrn Prof. Dr. J. von Sandersleben und Herrn Dr. Th. Hänichen sei für die Vornahme der Untersuchungen herzlich gedankt.
 - 2) Für die Durchführung der hämatologischen Untersuchungen bin ich Frau S. Prica-Grünler zu besonderem Dank verpflichtet.

3.4.1.3 Rationszusammensetzung

Die Versuchsrationen, deren Rationsprotein ausschließlich aus Soja oder Probion FM 430 stammte, wurden nach bereits erprobten Rezepturen hergestellt.

Um erhöhten Verlusten in der SCP-Gruppe durch Rachitis vorzubeugen, wurde die Cholecalciferol-Dosierung in beiden Futtertypen auf 4000 I.E./kg angehoben (üblich ca. 1000 bis 1500 I.E./kg). Über die Zusammensetzung der beiden Rationstypen informiert Tabelle 24.

Tabelle 24:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) Versuch III

	(1)	(2)
Sojaprotein RP 100	22,360	—
Sojafeinmehl	29,260	—
SCP FM 430	—	51,620
Calciumcarbonat	0,449	2,855
Dicalciumphosphat	4,411	—
Viehsalz	0,544	0,669
Na ₂ HPO ₄	0,942	—
Na-Acetat	—	1,456
KCl	0,421	—
K-Acetat	—	0,959
MgO	0,187	0,131
Zellulose	2,000	2,000
Vitamin-VM, Keimfrei ¹⁾	2,000	2,000
Spuren-VM ²⁾	0,100	0,100
DL-Methionin	0,485	0,183
Glycin	0,669	—
L-Arginin-HCl	—	0,181
Sojaöl	7,000	3,000
Chromoxid	0,500	0,500
Lupolen	0,912	—
Luprosil	0,500	0,500
Sirona	27,260	33,846

1) siehe Anhangstabelle d

2) siehe Anhangstabelle a

Die Dampfdrucksterilisierung erfolgte bei 134° C und 2,2 bar.

3.4.1.4 Nährstoffgehalt der Rationen

Beide Rationen waren isokalorisch (3200 U.E. kcal/kg Futter) und reinproteinäquivalent (32%) berechnet. Der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren betrug 3,95 % vom Reinprotein. Die Ergänzung mit L-Arginin bzw. Glycin war so berechnet, daß in den betreffenden Rationen mindestens 6,1 bzw 6,5 % vom Reinprotein erreicht wurden.

Der Gehalt an Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium und Chlor war mit 1,47; 1,31; 0,21; 0,54; 0,81 bzw. 0,54 berechnet worden.

Aus den Angaben in Tabelle 25 wird der analytisch ermittelte Nährstoffgehalt der Rationen ersichtlich.

Tabelle 25: ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DER RATIONEN

VERSUCH III

	Soja	SCP
Trockensubstanz	91,8	90,3
Rohprotein	34,05	39,83
Asche	8,48	8,24
Phosphor	1,28	1,32
Calcium	1,40	1,36

Die analytisch ausgewiesenen Werte stehen in brauchbarer Übereinstimmung zu den Rechenwerten.

3.4.1.5 Versuchsverlauf

Der gnotobiotische Teil des Versuchs ist eigentlich als Keimfrei-
 schenkel geplant gewesen. In der ersten Versuchsanlage kam es aber zu
 unvollständigen Reinfektionen der bis dahin keimfrei gehaltenen Tiere.
 Die Einzelheiten sowie der Zeitpunkt der festgestellten Kontamination
 sind unter Ziffer 3.1.2 bereits beschrieben. Davon abgesehen verlief
 der Versuch ohne weitere Störungen.

3.5.2 Ergebnisse

Die zu Versuchsende an 5 aufeinanderfolgenden Tagen ermittelten Lebendmasse-Einzelwerte werden in der folgenden Tabelle 26 zu je einem Gruppenmittelwert zusammengefaßt. Die den Mittelwert begleitende Standardabweichung gibt daher auch die durch das Wachstum in 5 Tagen bedingte Streubreite der Ergebnisse wieder.

Tabelle 26:

GEWICHTSENTWICKLUNG

Versuch III

Code	(a)	(b)	(c)	(d)	(aa)	(bb)	(cc)	(dd)
Tierhaltung	-----konventionell-----				-----Isolator-----			
Versuchsperiode								
1.-2. Woche	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP
3.-4. Woche	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja
Lebendmasse	983	697	596	701	569	613	488	529
	77	137	234	164	50	85	86	69

Vorerst überrascht das weit bessere Wachstum der Konventionaltiere im Vergleich zu den Gnotobioten. Der unerwartete Unterschied dürfte aber mit der Fütterung im Zusammenhang stehen. Für die Gnotobioten war die Möglichkeit der ad libitum Futteraufnahme nicht gegeben, wie bereits unter Ziffer 3.1.2 beschrieben.

Die Wachstumsdepression durch Probiot. PM 430 (Gruppe C) ist unter beiden Haltungsbedingungen deutlich, wenn auch bei den Gnotobioten etwas geringer ausgeprägt, was wohl mit der niedrigeren Kontrollgruppenleistung (aa) im Zusammenhang stehen dürfte. Der Futterwechsel nach 14 Tagen von SCP auf die Sojafütterung hat sich in der Gewichtsentwicklung nachhaltig positiv bemerkbar gemacht, hier allerdings bei den Konventionaltieren deutlicher als bei den Gnotobioten. Der späte Wechsel auf SCP-Futter wird offensichtlich besser vertragen als die Fütterung mit SCP-Diäten vom Schluf ab. Zwischen den Gnotobioten-Gruppen (aa) und (bb) (Soja/Soja und Soja/SCP) bestand sogar kein Unterschied zuungunsten der SCP-Verfütterung. Nur in den konventionell gehaltenen Gruppen ist der Leistungseinbruch infolge SCP-Fütterung (Vergleich der Gruppen a und b) deutlich erkennbar.

Die Meßergebnisse hinsichtlich der Parameter des Calcium- und Phosphor-Stoffwechsels sind in Tabelle 27 zusammengefaßt. Die beiden Rationstypen enthielten in etwa gleiche Calcium- und Phosphorkonzentrationen. Wie bereits erwähnt, überschritt aus versuchstechnischen Gründen der Calcium- und Phosphorgehalt im Futter die Bedarfswerte erheblich. Trotz analytisch nachgewiesener numerischer Gleichheit der Calcium- und Phosphorkonzentrationen im Futter muß auf die unterschiedlichen P-Quellen in Rationen mit Soja (vorwiegend anorganischer Natur) und mit Probion (hohe Anteile von Nukleinsäuren-P) hingewiesen werden, da sie möglicherweise eine unterschiedliche Verfügbarkheit aufweisen.

Tabelle 27: ASCHEN, CA UND P IM KNOCHEN, CA UND P IM SERUM
VERSUCH III

Relativzahlen in Klammern

Code	(a)	(b)	(c)	(d)	(aa)	(bb)	(cc)	(dd)
Tierhaltung	-----konventionell-----				-----Isolator-----			
Versuchsperiode								
1.-2. Woche	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP
3.-4. Woche	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja
Knochen								
n	15	15	15	15	15	15	15	15
Asche	50,07 ^a	48,38 ^{ba}	48,99 ^{ab}	51,90 ^c	49,48 ^{abd}	47,25 ^a	49,78 ^{ab}	49,17 ^{ab}
	2,09	2,50	5,22	2,01	1,56	2,23	2,03	2,29
	(100)	(97)	(98)	(104)	(99)	(94)	(99)	(98)
Ca	16,53 ^a	15,83 ^b	16,27 ^{ab}	17,32 ^c	16,48 ^{ab}	15,56 ^{ab}	16,52 ^{ab}	16,27 ^{ab}
(% d.T.S.)	0,80	0,91	2,00	1,11	1,46	1,6	1,23	0,92
	(100)	(96)	(98)	(105)	(100)	(94)	(100)	(98)
P	9,30 ^{ac}	8,87 ^b	8,95 ^{ab}	9,44 ^c	9,26 ^{ac}	8,64 ^d	9,19 ^{ac}	9,02 ^{ab}
(% d.T.S.)	0,46	0,57	0,94	0,39	0,46	0,48	0,51	0,44
	(100)	(95)	(96)	(102)	(100)	(93)	(99)	(97)
Serum								
n	9	9	8	9	9	9	9	9
Ca (mmol/l)	1,71 ^{abd}	1,94 ^{bc}	2,02 ^c	1,68 ^{ad}	1,59 ^{ad}	1,57 ^a	1,72 ^a	1,66 ^{abd}
	0,20	0,30	0,29	0,23	2,20	0,16	0,13	0,26
	(100)	(113)	(118)	(98)	(93)	(92)	(101)	(97)
n	9	8	8	9	8	9	9	9
P (mmol/l)	1,57 ^a	1,64 ^a	1,69 ^{ab}	1,40 ^c	1,75 ^{bd}	1,81 ^{ad}	1,90 ^{bd}	1,94 ^{bd}
	0,18	0,20	0,35	0,11	0,20	0,26	0,28	0,32
	(100)	(104)	(108)	(89)	(111)	(115)	(121)	(124)

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Es muß einleitend noch einmal wiederholt werden, daß beiden Rationen 4000 I.E. Cholecalciferol/kg Futter zugesetzt waren, was den Bedarf des Kükens etwa um den Faktor 8 übersteigt. Dieser hohe Zusatz könnte dazu beigetragen haben, mögliche Unterschiede im Calcium- und Phosphor-Stoffwechsel zwischen den Soja- und Probion-Gruppen zu verringern.

Zu erwartende Unterschiede (Gropp et al. 1979) in der Skelett-mineralisierung (Knochenasche, Tab. 25) sind offensichtlich durch den reichlichen Cholecalciferol-Zusatz zum Futter überdeckt. Infolgedessen konnte mit Unterschieden in der bereits früher beobachteten (Gropp et al. 1980) und später noch zu beschreibenden (Versuch IV 3.5.) Größenordnung auch nicht gerechnet werden. Unter beiden Haltungsbedingungen wird deutlich, daß zumindest die SCP-Fütterung in der zweiten Versuchshälfte zu reduzierten Knochenasche-Werten im Vergleich zur Soja-Fütterung führt. Bei den konventionell gehaltenen Tieren ist auch ein Unterschied zwischen der durchgehend mit Soja-Protein gefütterten Gruppe und der Gruppe, die nur in der zweiten Versuchshälfte SCP erhielt, aufgetreten.

Die Unterschiede in der Calcium- und Phosphor-Konzentration der Knochentrockensubstanz folgen in etwa dem Knochenasche-Gehalt. Insofern verhält sich der Calcium- und Phosphor-Gehalt der Knochenasche unabhängig vom Aschegehalt des Knochens. Der mittlere Calcium-Gehalt der Knochenasche lag bei 33,2%, der korrespondierende P-Wert bei 18,4 %, was einem Ca : P Verhältnis von 1,8 : 1 entspricht.

Die Ergebnisse der Serumuntersuchung auf Calcium und Phosphor sind ebenfalls in Tabelle 27 zusammengefaßt. Innerhalb der Haltungsgruppen (Konventional/Isolator-Haltung) zeigten sich für die Versuchsgruppen keine signifikanten Unterschiede. Dennoch besteht eine erkennbare Tendenz zu erhöhten Calcium- und weniger deutlich erhöhtem P-Spiegel im Serum der Gruppen, die zumindest in der zweiten Versuchshälfte SCP erhalten hatten; signifikant ist dieser Unterschied zwischen den Gruppen (a) (Soja/Soja) und (c) (SCP/SCP). Auffällig sind in allen Gruppen (vielleicht mit Ausnahme der Gruppen (b) und (c)) die absolut niedrigen Ca Spiegel im Serum. Der Normbereich von Küken ist eher bei 2 mmol Ca/l Plasma anzusetzen. Schwer erklärlich ist der Befund, daß gerade in den Gruppen mit einem erhöhten Serum-Calcium-Spiegel eine geringere Knochenmineralisierung aufgefunden wurde. Es ist bekannt, daß auch 4000 I.E. Cholecalciferol / kg hoch-Probion-haltigen Futters nicht ausreichen, um den "erhöhten Bedarf" von Küken an Vitamin D zu decken (Gropp et al. 1980). Insofern könnte daran gedacht werden, daß bei relativem Vitamin D-Mangel in diesen Gruppen trotz ausreichender Serum-Calcium-Spiegel der Abfluß von Calcium in den Knochen gestört war.

Tabelle 28:

DARM-, LEBER- UND HERZ- GEWICHTE
LEBENSMASSE VERSUCH III

Relativzahlen in Klammern

Code	(a)	(b)	(c)	(d)	(aa)	(bb)	(cc)	(dd)
Tierhaltung	---konventionell---				-----Isolatoren-----			
Versuchsperiode								
1.-2.Woche	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP
3.-4.Woche	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja
n	9	9	9	9	9	9	9	9
Lebendmasse	983	693	596	701	569	613	488	529
(g)	77	137	234	164	50	86	86	69
Darmgewicht	45,00	48,69	38,09	36,25	29,31	41,76	33,92	34,44
(g)	5,94	9,13	11,12	5,32	3,98	7,68	8,06	7,53
	(100)	(108)	(85)	(81)	(65)	(93)	(75)	(77)
Relativ (%)	4,57 ^a	6,42 ^b	6,72 ^b	5,53 ^{ac}	5,16 ^c	6,81 ^b	7,05 ^b	6,49 ^b
	0,33	1,17	1,27	2,17	0,68	0,84	1,57	1,04
	(100)	(140)	(147)	(121)	(113)	(149)	(154)	(142)
n	15	15	15	15	15	15	15	15
Lebendmasse	941	721	550	668	546	568	450	516
(g)	94	106	200	148	58	95	86	63
Lebergewicht	27,04	32,79	27,00	22,70	14,56	19,34	15,82	17,82
(g)	3,44	10,07	8,12	5,00	2,24	4,46	6,35	3,57
	(100)	(121)	(100)	(84)	(54)	(72)	(59)	(66)
Relativ (%)	2,88 ^{ad}	4,53 ^b	5,10 ^b	3,49 ^{ce}	2,66 ^a	3,38 ^c	3,46 ^{dc}	3,45 ^c
	0,24	1,12	1,16	1,00	0,21	0,31	1,00	0,50
	(100)	(157)	(177)	(121)	(92)	(112)	(120)	(120)
Herzgewicht	6,31	5,21	4,74	5,06	3,80	3,85	3,59	4,12
(g)	0,93	0,76	0,99	0,92	0,75	0,76	0,60	0,70
	(100)	(85)	(77)	(83)	(62)	(63)	(59)	(67)
Relativ (%)	0,66 ^a	0,74 ^{ah}	0,93 ^{bcd}	0,79 ^{ace}	0,70 ^a	0,68 ^a	0,81 ^{be}	0,80 ^{de}
	0,12	0,17	0,24	0,22	0,12	0,10	0,16	0,13
	(100)	(112)	(141)	(120)	(106)	(103)	(123)	(121)

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

In allen SCP-gefütterten Gruppen wurde während des Versuchs Diarrhoe beobachtet. Sichtbares Zeichen waren neben dünnem Kot großflächige Verklebungen in der Gegend der Kloake. Damit einher geht offensichtlich eine Erhöhung des relativen Darmgewichtes (siehe Tabelle 28). Für die Gruppen mit durchgehender SCP-Fütterung bzw. SCP in der zweiten Versuchshälfte ist diese Massenzunahme des Darms signifikant ($p < 0,1$) gegenüber den Kontrollgruppen (A). Diese Massenzunahme ist so deutlich, daß sie teilweise noch als Zunahme des absoluten Darmgewichtes trotz einem um 23 % verminderten Körpergewichts von Gruppe (a) zu Gruppe (b) zu erkennen ist. Sie dürfte unschwer als eine reaktive Veränderung auf die mit der Absorptionsminderung einhergehenden Durchfallerscheinung oder als Auswirkung einer spezifischen Noxe zu bewerten sein. Zwischen den konventionell gehaltenen Tieren einerseits und den Gnotobioten andererseits sind keine typischen Unterschiede in der Reaktion auf SCP zu erkennen. Allein die relativen Darmgewichte der jeweiligen Kontrollgruppen (a, aa), sowie der Gruppen, die in der zweiten Versuchshälfte mit Soja gefüttert wurden (d, dd), weisen für die Konventionaltiere teilweise signifikant niedrigere Werte auf.

Bereits die kurz dauernde Verabreichung von SCP in der zweiten Versuchshälfte führt zu einem signifikanten Ansteigen des relativen Lebergewichts innerhalb der Konventionalgruppen (siehe Tabelle 28). Die höchsten relativen Lebergewichte traten mit 5,1% in der durchgehend mit SCP gefütterten Gruppe (c) auf gegenüber 2,88% in der Soja/Soja-Kontrollgruppe (a) ($p < 0,1$). Futterwechsel von SCP- zu Soja-Rationen (Vergleich der Gruppen C zu D) führt dagegen zu einer Angleichung der Werte an Kontrollgruppen-Niveau. Diese tendenziellen Änderungen sind gleichermaßen bei den Konventionaltieren wie bei den Gnotobioten zu beobachten.

Auffällig bleibt aber, daß die relativen Unterschiede der auf die jeweiligen Lebendmassen bezogenen Lebergewichte bei den Konventional-Tieren viel größer (Soja/Soja 2,9 %; SCP/SCP 5,1%) sind als bei den Gnotobioten (2,7:3,5%). Diese erhöhten Lebergewichte deuten auf eine Interaktion zwischen SCP-Nebenwirkung, gleichwelcherart, und Keimflora im Darm hin.

Die geringfügige Erhöhung des relativen Herzgewichtes, die in einigen SCP-Gruppen im Vergleich zur Soja-Kontrollgruppe auftrat, dürfte wegen der höheren Lebergewichte eher kompensatorischer Natur sein. Die histologische Untersuchung der Lebern ergab kaum Unterschiede zwischen den Gnotobioten-Gruppen.

An jeweils 15 Küken/Gruppe (Gruppe C: 14) wurden hämatologisch Untersuchungen durchgeführt. Die wichtigsten Befunde sind in Tabelle 29 wiedergegeben.

Tabelle 29:

HÄMATOLOGISCHE BEFUNDE

VERSUCH III

Code Nr	(a)	(b)	(c)	(d)	(aa)	(bb)	(cc)	(dd)
Tierhaltung	————Konventionell————				———— Isolatoren ————			
Versuchsperiode								
1.-2.	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP
3.-4.	Soja	SCP	SCP	Soja	Soja	SCP	SCP	Soja
Erythrozyten (10 ⁹)	2,6	2,6	2,6	2,4	2,9	2,7	2,9	2,7
Hämoglobin (g/100ml)	10,3	10,5	9,8	10,7	11,4	10,4	11,3	11,0
Hämatokrit (%)	34	32	33	35	37	34	35	36
Leukozyten (10 ³)	17	49	32	17	17	23	23	16
% Lymphozyten	70	52	57	70	70	66	65	67
% Heterophile	24	41	36	25	25	27	31	27
% Basophile	—	—	1	0	0	0	0	0
% Eosinophile	3	3	2	3	3	3	2	3
% Monozyten	2	4	3	3	2	3	2	3

Die Ergebnisse lassen eine mehr (Konventionaltiere) oder weniger (Gnotobioten) ausgeprägte Leukocytose als Folge der SCP-Belastung bei Versuchsende (Gruppen (B) und (C)) erkennen. Heterophile Leukozyten erfahren eine überproportionale, Lymphozyten eine unterproportionale Zunahme.

Ohne Berücksichtigung des Schweregrades der beobachteten Veränderungen ergeben sich in der Soja/Soja-Gruppe (aa) mit 8/16 Infiltraten (gemischtzellige und lymphohistiozytäre) in der Leber eher mehr Veränderungen als in der SCP/SCP-Gruppe (cc) mit 5/12, denen allerdings noch ein Nekroseherd hinzugerechnet werden könnte (cc).

Ganz anders verhalten sich dagegen die Konventionaltiere: 6/14 Leberinfiltrate der Soja/Soja-Gruppe (a) stehen 14/14 Infiltrate der SCP/SCP-Gruppe (c) und 14/14 Infiltrate der Soja/SCP (b) gegenüber.

Damit bestätigt sich schon die aus den Lebergewichten abgeleitete Interaktion zwischen SCP-Nebenwirkungen auf die Leber und Darmflora auch hinsichtlich der histo-pathologischen Befunde.

In den Herzen der Konventionaltiere SCP/SCP (Gruppe c) wurden mehr Infiltrate (gemischtzellige wie Lymphohistiozytäre) mit 6/14 Beobachtungen (Gruppe B Soja/SCP: 5/14) aufgefunden als in der Kontrollgruppe (1/14). Die Befunde der Gnotobioten sowie der anderen Gruppen sind eher unauffällig.

3.4.2.1 Synopse der Befunde

Eine vergleichende Betrachtung der Befunde an Gnotobioten und Konventionaltieren legt eine Hypothese über die Entstehung der aufgefundenen Veränderungen an Leber und Blutbild nahe.

Die Verabreichung hoher SCP-Gehalte im Futter an Hühnerküken führt zu einer Diarrhoe unbekannter Genese. Die dadurch bedingte Verletzung des Bürstensaumbithels macht die Darmwand durchlässig(er) für im Normalfall nicht resorptionsfähige Spaltprodukte aus SCP (z.B. größere Peptide) und/oder Darmbakterien. Die aufgefundene Hypertrophie der Leber, gemischtzellige Infiltrate sowie die Aktivierung des lymphoretikulären Systems sind Anzeichen einer Abwehrreaktion des Körpers auf "Fremdstoffe" und/oder Bakterien.

Es kann somit nicht entschieden werden, inwieweit intestinale Spaltprodukte aus SCP, SCP-Inhaltsstoff oder Darmkeime die beschriebenen Veränderungen ursächlich oder hilfsweise herbeiführen. Die beobachtete Interaktion zwischen Darmflora und SCP-Nebenwirkungen (auf Leber und Hämatopoese) könnte somit intestinaler Natur (bakteriell entstandene oder modifizierte Spaltprodukte aus SCP) oder allein bakterieller Natur sein.

Es wird weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, diese Hypothese zu klären. In Übereinstimmung mit dem dargelegten Gedankengang stehen die nahezu gleichartigen Befunde am Darm bei Gnotobioten und Konventionaltieren, die dann als reaktive Gewebsveränderung und -zunahme infolge der Diarrhoe oder einer originalen Noxe im SCP zu betrachten wären. Allein dadurch könnte auch die verminderte intestinale Verfügbarkeit der fettlöslichen Vitamine A und D erklärt werden.

3.5 Versuch IV (Vitamin D-Versuch)

Aus früheren Untersuchungen war bekannt (Krauss 1982, Gropo 1979), daß bei der Verfütterung hoch-SCP-haltiger Rationen Rachitis klinisch und morphologisch feststellbar bei Küken auftritt. Die Vitamin D-Dosierung in diesen Versuchen lag bei 1320 I.E./kg Futter. Durch eine stark erhöhte Vitamin D-Verabreichung über das Futter konnte das Auftreten der Rachitis zurückgedrängt werden. Aus den vorliegenden Ergebnissen über orale Vitamin D-Zufuhr, die Rachitis zuverlässig ausschließt, kann geschlossen werden, daß allenfalls die 6-10fache Erhöhung der sonst verabreichten Vitamin D-Konzentration zu zufriedenstellenden Resultaten führt.

Ziel des vorliegenden Versuches war es, festzustellen, ob in etwa gleiche Vitamin D-Mengen oral oder parenteral verabreicht eine unterschiedliche Wirkung zeigen. Es war bisher nicht festzustellen, ob der erhöhte "Vitamin D-Bedarf" allein auf einer Verminderung des intestinalen Cholecalciferol-Transports oder auf einer Störung der Bildung der eigentlich wirksamen Vitamin D-Metabolite im Stoffwechsel beruht. Durch eine Versuchsanlage, welche die Reaktion auf unterschiedlich verabreichte Vitamin D-Mengen zu prüfen erlaubt, sollte hier eine sichere Antwort möglich sein.

Wenn die schlechtere Vitamin D-Verwertung auf einer herabgesetzten intestinalen Absorption von Vitamin D beruht, dann ist nicht auszuschließen, daß auch andere fettlösliche Vitamine durch Absorptionsminderung betroffen sind.

3.5.1 Versuchsanlage

Nach einer 5-tägigen Vorperiode ohne Vitaminzusatz zum Futter wurden 15 annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 x 10 Küken, Gruppen (10) und (15) wegen Materialknappheit nur 4 x 5, Gruppe (9) nur 3x5 Tiere gebildet und für 10 Tage mit den Versuchsrationen gefüttert. Die eingesetzten Probionchargen unterschieden sich durch Herstellung und Behandlung nach der Fermentation. So entsprechen die SCP-Chargen KG 086 und das bereits früher eingehend geprüfte FM 479 dem bisherigen Produktionsstandard. Probion KG 145 ist ein Peroxid-behandeltes Produkt. Mit HT 381 war vorher ein Kälber-Versuch durchgeführt worden. FS 05 K ist ein hydrolysiertes und anschließend neutralisiertes Produkt. S 1246 stellt ein Reinprotein nach Lipid- und Nukleinsäure-Extraktion (nicht ganz vollständig) dar. Proteen ist das handelsübliche SCP-Produkt der Firma ICT. Die Versuchsdauer betrug nach 5 tägiger Vorperiode 10 Tage (14.-24.7.1981).

über die Versuchsanlage informiert Tabelle 30.

Tabelle 30:

VERSUCHSANLAGE
VERSUCH IV

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Proteinquelle	Soja		KG 085		KG 145		S 1246	
Art d. Vitamin D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F	I
Erhaltenes Vitamin D (I.E.)	292	250	220	187,5	222	187,5	240	187,5
Wiederholungszahl	3	4	4	4	4	4	4	4

Code	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proteinquelle	FS 050 K		HT 381		FM 479		Pruteen
Art d. Vitamin D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F
Erhaltenes Vitamin D (I.E.)	206	187,5	224	187,5	218	187,5	148
Wiederholungszahl	3	4	4	4	4	4	4

F= Futter; I= Injektion am 1., 4., 6. und 9. Tag

3.5.1.2 Versuchskriterien

Neben Lebendmasse und Futtermittelverwertung wurden die absoluten und relativen Leber- und Dünndarmgewichte ermittelt. Der Vitamin A-Gehalt der Leber wurde analysiert und in Relation zur Vitamin A-Aufnahme gesetzt. Schließlich informieren Knochenasche-Bestimmungen über die Skelett-Mineralisierung.

3.5.1.3 Rationszusammensetzung

Die Zusammensetzung der Futtermischung für die Vorperiode ist in Anhangstabelle c angegeben. Alle Rationen waren isokalorisch und reinproteinäquivalent berechnet (3280 kcal U.E./kg und 32 % Reinprotein). Die Rechenwerte sind in Versuch IV mit nicht unerheblichen Unsicherheiten belastet, da die geprüften SCP-Chargen vor Versuchsbeginn nicht analysiert werden konnten und auch für den Versuch nahezu die gesamte zur Verfügung gestellte Menge verbraucht wurde.

Die errechneten Gehalte an den Elektrolyten Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium bzw. Chlorid wurden auf 1,47; 1,31; 0,21; 0,54; 0,81 und 0,54 % eingestellt.

Tabelle 31:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) VERSUCH IV

	(1)-(2) *	(3)-(4) *	(5)-(6) *	(7)-(8) *	(9)-(10) *
Sojaprotein	22,36	—	—	—	—
Sojafeinmehl	29,26	—	—	—	—
SCP KG 086	—	51,62	—	—	—
SCP KG 1645	—	—	51,62	—	—
SCP S1246	—	—	—	43,84	—
SCP FS 050 K	—	—	—	—	51,62
Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH	—	—	—	2,103	—
Kohlensäurer Futterkalk	0,449	2,855	2,855	0,022	2,855
Phosphorsaurer Futterkalk	4,411	—	—	—	—
Viehsalz	0,544	0,699	0,699	0,500	—
Na ₂ HPO ₄	0,942	—	—	0,500	—
Na-Acetat	—	1,456	1,456	0,900	—
KCl	0,421	—	—	0,406	—
K ₂ HPO ₄	—	—	—	1,194	—
K-Acetat	—	0,959	0,959	—	1,777
MgO	0,187	0,131	0,131	0,267	0,131
Zellulose	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Vitamin-VM, D-frei	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Spuren-VM	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Methionin	0,485	0,332	0,332	0,215	0,348
Glycin	0,669	—	—	—	—
L-Arginin	—	0,094	0,094	—	0,075
Sojaöl	7,000	3,000	3,000	6,800	3,000
Lupolöl	0,912	—	—	0,865	—
Luprosil	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sirona	—	—	ad 100	—	—

Tabelle 31:
Fortsetzung

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%)
VERSUCH VI

	(11)-(12) *	(13)-(14) *	(15)
SCP HT 381	51,62	—	—
SCP FM 479	—	51,62	—
Pruteen	—	—	51,62
Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH	—	—	—
Kohlensäurer Futterkalk	2,855	2,855	3,332
Phosphorsaurer Futterkalk	—	—	—
Viehsalz	0,669	0,699	—
Na ₂ HPO ₄	0,942	—	—
Na-Acetat	1,456	1,456	—
KCl	—	—	1,043
K ₂ HPO ₄	—	—	0,379
K-Acetat	0,959	0,959	0,369
MgO	0,131	0,131	0,151
Zellulose	2,000	2,000	2,000
Vitamin-VM, D-frei	0,500	0,500	0,500
Spuren-VM	0,100	0,100	0,100
DL-Methionin	0,321	0,244	0,260
Glycin	—	—	—
L-Arginin HCl	0,014	0,339	0,175
Sojaöl	3,000	3,000	3,000
Lupolen	—	—	0,174
Luorosil	0,500	0,500	0,500
Sirona	—	ad 100	—

*) Vitamin Zusatz nach Versuchsplan zu Lasten von Sirona

3.5.1.4 Nährstoffgehalt der Rationen

Da die geringen Mengen an Versuchsrationen für Tierexperimente restlos aufgebraucht wurden, konnte auch die ansonsten übliche routinemäßige Bestimmung des Nährstoffgehalts der Rationen nicht vorgenommen werden.

3.2.1.5 Versuchsverlauf

Nach der Vorperiode von 5 Tagen wurden einzelne Tiere (Stichproben) zur Schätzung der durchschnittlichen Lebendmasse gewogen. Anschließend wurden 60 (15 x 4) annähernd gewichtsgleiche Gruppen gebildet und auf die Käfige verteilt.

Der Versuch verlief ohne große Störungen. Die Mortalität bewegte sich zwischen 0 und 10 %, ohne daß SCP- oder Vitamin D- behandlungsabhängige Unterschiede hätten erkannt werden können. Die höchste Höchstwert in der Soja-Kontrollgruppe (I) (Vit. D per os verabreicht) beobachtet.

Bei Versuchsende wurden 5 Tiere/Wiederholung einzeln gewogen und getötet. Anschließend wurde Leber sowie Dünndarm entnommen und gewogen. Die Lebern wurden zur späteren Vitamin A-Bestimmung tiefgefroren aufbewahrt.

Die parenterale Vitamin D-Applikation erfolgte über Injektion einer in Wasser suspendierbaren Mischung am 1., 4., 8. und 9. Tag, wobei dem unterschiedlichen Futterverzehr von Soja- und SCP-Gruppen in etwa Rechnung getragen wurde. Außerdem wurde bei den parenteral applizierten Dosen auch der mit zunehmender Lebendmasse ansteigende Futterverzehr berücksichtigt. So betrug die Injektionsmenge in der Soja-Gruppe 50, 50, 100 bzw. 50 I.E. An den bereits genannten Tagen wurden den SCP-Gruppen 35, 35, 70 und 37,5 I.E. Vitamin D₃ injiziert.

3.5.2 Ergebnisse

Tabelle: 32

GEWICHTSENTWICKLUNG, FUTTERVERWERTUNG UND MORTALITÄT

VERSUCH IV

Relativzahlen in Klammern

Lebendmasse bei Versuchsbeginn: 79 g

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Proteinquelle	Soja		KG 086		KG 145		S 1246	
Art d. Vitamin								
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F	I
Erhaltenes								
Vitamin D (I.E.)	292	250	220	187,5	222	187,5	240	187,5
Wiederholungszahl	4	4	4	4	4	4	4	4
Lebendmassezunahme (g)								
7 Tage im Versuch	156	168	99	131	101	128	130	145
	14,4	3,1	4,3	4,6	5,3	4,6	5,7	4,0
	(100)	(108)	(63)	(84)	(65)	(82)	(83)	(93)
10 Tage im Versuch	261 ^a	270 ^a	144 ^b	204 ^c	147 ^b	203 ^c	202 ^c	227 ^a
	10,0	8,1	8,4	6,6	9,8	8,5	11,7	10,3
	(100)	(103)	(55)	(78)	(56)	(78)	(77)	(87)
Futterverwertung	895 ^a	874 ^a	654 ^b	775 ^{cdg}	664 ^b	775 ^c	838 ^a	876 ^a
	68,5	16,2	40,2	38,1	22,9	25,3	17,7	43,0
	(100)	(97)	(73)	(86)	(74)	(86)	(93)	(98)
Mortalität (%)	10	3	3	0	0	3	0	5

Tabelle: 32
FortsetzungGEWICHTSENTWICKLUNG, FUTTERVERWERTUNG
UND MORTALITÄT

VERSUCH IV

Relativzahlen in Klammern
Lebendmasse bei Versuchsbeginn: 79 g

Code	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proteinquelle	FS 050 K		HT 381		FM 479		Pruteen
Art d. Vitamin							
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F
Erhaltenes Vitamin D	206	187,5	224	187,5	218	187,5	148
Wiederholungszahl	3	4	4	4	4	4	4
Lebendmassezunahme (g)							
7 Tage im Versuch	88 7,0 (56)	101 8,7 (65)	93 13 (60)	113 4,9 (72)	101 7,3 (65)	127 9,5 (81)	124 7,9 (79)
10 Tage im Versuch	145 ^b 10,4 (56)	162 ^b 11,4 (62)	146 ^b 7,0 (56)	181 ^f 4,3 (69)	150 ^b 12,1 (57)	197 ^c 12,8 (75)	197 ^c 9,0 (75)
Futtermittelnutzung	706 ^{bcg} 92 (79)	711 ^{bd} 39,7 (19)	650 ^b 19,3 (72)	724 ^{bcd} 39,4 (81)	687 ^b 25,8 (76)	761 ^{cd} 32,7 (85)	792 ^g 13,0 (88)
Mortalität (%)	0	3	8	3	5	0	0

* F = über das Futter I = Injektion am 1., 4., 6. und 9. Tag

Werte in einer Zeile der gesamten Tabelle 32 mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Das mittlere Kükengewicht zu Versuchsbeginn betrug 79 g. Die Ergebnisse hinsichtlich Lebendmassezunahme und Futtermittelnutzung belegen, daß im Vergleich zu oral zugeführtem Vitamin D etwas geringere Mengen parenteral appliziertes Vitamin D sich signifikant günstig auf die Leistungsdaten der SCP-Gruppen auswirken. Dagegen bestand hinsichtlich der genannten Kriterien zwischen den beiden Soja-Gruppen (1) (Cholecalciferol oral) und (2) (Cholecalciferol parenteral) erwartungsgemäß kein Unterschied. Zwischen den SCP-Chargen KG 086 und FM 479 bestanden keine Unterschiede. Auch eine Peroxidbehandlung veränderte die

schlechte intestinale Verwertung von Vitamin D nicht. Auffallend ist, daß in den drei genannten Gruppierungen nahezu gleiche Werte bei Versuchsende angefallen waren. Allenfalls für die Charge HT 381 war der leistungssteigernde Effekt einer parenteralen Vitamin D-Gabe nicht gleichermaßen deutlich.

In der Hydrolysat-Gruppe PS 050 K wurden die niedrigsten Zuwachsraten erzielt. Ein Vitamin D-Effekt war nur undeutlich auszumachen. Möglicherweise haben hier andere Faktoren (z.B. eine überhöhte Elektrolyt-Konzentration) das Auftreten einer positiven Vitamin D-Wirkung verhindert.

Das Reinprodukt Probion S 1246 führte zu merklich besseren Wachstumsraten. Dennoch war auch hier durch die parenterale Vitamin D-Gabe eine allerdings nicht signifikante Verbesserung von Wachstum und Futterverwertung zu beobachten. Die Wachstumsrate der oral mit Vitamin D versorgten Gruppe entsprach in etwa dem Niveau der parenteral mit Vitamin D versorgten Gruppen KG 086, KG 145 und FM 479. Insofern scheint auch bei dem Reinprodukt eine, wenn auch nicht so ausgeprägte, Beeinträchtigung der intestinalen Vitamin D-Verwertung vorzuliegen. Gleiches könnte - allerdings nicht mit vergleichbarer Sicherheit - für das ICI-Produkt Pruteen angenommen werden, da hier nur eine Ration mit oraler Vitamin D-Versorgung mitgeführt werden konnte. Das Leistungsniveau dieser Gruppe entspricht etwa den Daten der Reinprodukt-Probion S-Gruppe. Das Auftreten eines positiven Effekts parenteraler Vitamin D-Zufuhr konnte nicht geprüft werden.

Tabelle 33 vermittelt einen Überblick über die absoluten und relativen Leber- und Dünndarmgewichte.

Tabelle 33:

ORGANGEWICHTE
VERSUCH IV

Relativzahlen in Klammern

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Proteinquelle	Soia		KG 086		KG 145		S1246	
Art d. Vitamin								
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F	I
Erhaltenes Vitamin D (I.E.)	292	250	220	187,5	222	187,5	240	187,5
Lebergewichte	13,3	13,6	9,8	12,1	10,3	12,4	12,2	15,0
Absolut (g)	0,8 (100)	0,5 (102)	0,7 (74)	0,5 (90)	0,4 (77)	0,8 (93)	1,8 (92)	0,5 (113)
Relativ %	3,68 ^a 0,16 (100)	3,75 ^{ab} 0,18 (102)	4,29 ^e 0,20 (117)	4,15 ^{de} 0,18 (113)	4,24 ^{bode} 0,49 (115)	4,29 ^{ce} 0,22 (117)	4,12 ^{ae} 0,49 (112)	4,61 ^c 0,07 (125)
Darmgewichte	20,4	20,2	16,1	21,7	18,9	20,0	15,8	17,6
Absolut (g)	1,5 (100)	1,1 (99)	2,4 (79)	1,4 (106)	2,1 (93)	0,9 (98)	0,9 (78)	1,1 (86)
Relativ %	5,83 ^a 0,33 (100)	5,58 ^{ae} 0,18 (95)	7,21 ^{abodge} 1,42 (124)	7,46 ^{bg} 0,30 (128)	7,92 ^c 0,30 (136)	6,91 ^{dh} 0,22 (119)	5,36 ^e 0,24 (92)	5,45 ^a 0,25 (93)

Werte in einer Zeile der gesamten Tabelle 33 mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Tabelle 33:
FortsetzungORGANGEWICHTE
VERSUCH IV

Relativzahlen in Klammern

Code	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proteinquelle	FS 050 K		HT 381		FM 479		Pruteen
Art d. Vitamin							
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F
Erhaltenes Vitamin D (I.E.)	206	187,5	224	187,5	218	187,5	148
Lebergewichte							
Absolut (g)	9,7 0,4 (73)	10,7 0,7 (80)	11,0 1,2 (83)	12,8 0,9 (96)	9,7 0,7 (73)	11,6 0,6 (87)	11,2 0,7 (84)
Relativ %	4,21 ^e 0,14 (114)	4,36 ^{ce} 0,45 (118)	4,56 ^{ce} 6,30 (124)	4,50 ^{ce} 0,37 (122)	3,99 ^{ae} 0,37 (108)	4,12 ^{ef} 0,16 (112)	3,94 ^{ad} 4,03 (107)
Darmgewichte							
Absolut (g)	18,0 1,8 (88)	19,4 0,8 (95)	17,7 1,7 (87)	23,2 2,0 (114)	19,2 1,2 (94)	19,5 1,1 (96)	19,8 1,5 (97)
Relativ %	7,84 ^{bcg} 0,25 (134)	7,91 ^{bcg} 0,65 (135)	7,52 ^{bcdg} 0,97 (129)	8,24 ^{bc} 0,98 (141)	8,14 ^{bcfg} 0,93 (140)	6,94 ^{df} 0,35 (119)	6,98 ^{gh} 0,58 (120)

F = über das Futter I = Injektion am 1., 4., 6. und 9. Versuchstag

Werte in einer Zeile der gesamten Tabelle 33 mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Wie bereits in Versuch III beobachtet, führte die Verabreichung von Single Cell Protein zu einer Anhebung der relativen Gewichte von Leber und Dünndarm. Die Erhöhung des relativen Lebergewichts war im Vergleich zu den Soja-Kontrollgruppen (1) und (2) für die überwiegende Mehrheit der SCP-Gruppen signifikant ausgefallen. Dies gilt auch für die Reinprodukt-Prohion-Gruppe (8), allerdings nicht für die Pruteen-Gruppe (15). In allen SCP-Gruppen wurden trotz geringerer Lebendmasse nahezu gleiche absolute und höhere relative Darmgewichte gemessen als in den Soja-Kontrollgruppen. Eine Ausnahme stellt allein das Fett- und Nukleinsäure-freie Reinprodukt Prohion S (Gruppen (7) und (8)) dar. Für das ICI-Produkt Pruteen liegt der korrespondierende, relative Wert zwischen Kontrollgruppen-Niveau und Mittelwert der Prohion-Gruppen.

Insofern scheint die verminderte Vitamin D-Verwertung in den SCP-Gruppen bei oraler Zufuhr nicht vollständig mit der Gewichtszunahme des Dünndarms einherzugehen, da sonst auch in der Probion-Gruppe (7) nur geringfügig erhöhte Darmgewichte hätten gemessen werden müssen.

Tabelle 34:

**KNOCHENASCHE
VERSUCH IV**

Relativzahlen in Klammern

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Proteinquelle	Soja		KG 086		KG 145		S1246	
Art d. Vitamin								
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F	I
Erhaltenes								
Vitamin D (I.E.)	292	250	220	187,5	222	187,5	240	187,5
Knochenasche								
(% der T.S.)	n 4x5 53,06 ^{af} 1,09 (100)	4x5 52,96 ^{adf} 0,72 (99)	4x5 42,91 ^b 4,43 (81)	4x5 50,92 ^{ce} 0,78 (96)	4x5 47,36 ^b 0,96 (89)	4x5 52,00 ^{acq} 0,60 (98)	4x5 52,74 ^{af} 0,45 (99)	4x5 52,72 ^{af} 0,68 (99)
Code	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
Proteinquelle	FS 050 K		HT 381		FM 479		Pruteen	
Art d. Vitamin								
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F	
Erhaltenes								
Vitamin D (I.E.)	206	187,5	224	187,5	218	187,5	148	
Knochenasche								
(% der T.S.)	n 3x5 51,40 ^{cd} 0,43 (97)	4x4 52,29 ^{acdf} 0,61 (99)	4x5 49,15 ^{ahcd} 3,10 (93)	4x5 50,39 ^e 1,53 (95)	4x5 45,97 ^b 1,44 (87)	4x4 53,15 ^{adef} 1,50 (100)	4x5 53,58 ^{fg} 1,09 (101)	

Werte in einer Zeile der gesamten Tabelle 34 mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden

Die Knochenasche-Werte (Tab. 34) belegen für die SCP-Gruppen noch einmal die schlechtere Vitamin D-Verwertung bei oraler Zufuhr verglichen mit parenteraler Applikation. Besonders deutlich sind die Unterschiede zwischen den beiden Vitamin D-Applikationsarten für KG 086 (42,9 zu 50,9 % Knochenasche), für KG 145 (47,4 zu 52,0%) und für FM 479 (46,0 zu 53,2 %). Insofern wird der hinsichtlich der Erhöhung der Lebendmasse deutliche Effekt parenteraler Vitamin D-Substitution auch durch die Änderung der Knochenmineralisierung wiedergespiegelt. Das gilt nicht mehr für die Reinprotein-Gruppen (7) und (8), in denen ein noch vorhandener Wachstumsunterschied nicht mehr durch unterschiedlichen Knochenasche-Gehalt reflektiert wird. In den beiden Probion S-Gruppen wurde der Knochenasche-Gehalt mit 52,7 % der Knochentrockensubstanz bestimmt. Auch in der Pruteen-Gruppe wurde mit 53,6 % ein relativ hoher Wert gemessen. Alle drei letztbesprochenen Knochenasche-Konzentrationen liegen auf dem Niveau der Soja-Kontrollgruppen (53%).

Daß die bei der Besprechung der Wachstums- und Futterverwertungsdaten der Hydrolysat-Gruppen FS K 50 ausgesprochene Vermutung - Wachstumsdepressionen und fehlender Vitamin D-Effekt sind durch andere Faktoren bedingt - wahrscheinlich aufrechterhalten werden kann, wird durch die Knochenasche-Befunde dieser Gruppen unterstützt.

Unabhängig von der Art der Vitamin D-Zufuhr wurden mit 51,4 (Vit. D oral) und 52,3% (Vit. D parenteral) hier gleiche Knochenasche-Konzentrationen gemessen, die ihrerseits auf Kontrollgruppen-Niveau lagen. Daraus dürfte geschlossen werden, daß eine Hydrolyse von Probion den die intestinale Verwertung von Vitamin D beeinträchtigenden Faktor zumindest partiell zerstört.

In Tabelle 35 ist der Vitamin A-Gehalt der Leber auf g Organ sowie auf das gesamte Organ bezogen wiedergegeben.

Tabelle 35:

VITAMIN A-GEHALT DER LEBER
VERSUCH IV
Relativzahlen in Klammern

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Proteinquelle	Soja		KG 086		KG 145		SL246	
Art d. Vitamin								
D-Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F	I
Erhaltenes								
Vitamin D (I.E.)	292	250	220	187,5	222	187,5	240	187,5
n	4x5	1x4	4x5	1x4	4x5	4x5	4x5	4x5
Vitamin A-Gehalt der Leber	3x5		3x5					
I.E./g Leber	28,21 3,34 (100)	26,21 2,23 (97)	14,74 3,99 (52)	11,35 3,36 (40)	12,31 2,71 (44)	10,73 2,57 (38)	13,32 2,54 (47)	9,11 0,98 (32)
I.E./Leber	372,6 ^a 36,9 (100)	353,9 ^a 32,1 (95)	146,8 ^{bcd} 49,8 (39)	140,7 ^{bcd} 38,3 (37)	125,6 ^{bc} 27,9 (34)	131,2 ^{bcd} 25,6 (35)	158,8 ^{bd} 12,3 (42)	134,9 ^{bcd} 19,5 (36)
Gespeichertes Vitamin A	21,4 ^a 4,3 (100)	18,8 ^a 2,5 (88)	6,7 ^{bcd} 3,5 (31)	6,1 ^{bcd} 2,7 (29)	5,3 ^{bd} 1,7 (25)	5,2 ^{bd} 2,0 (24)	7,9 ^{cd} 0,8 (37)	5,4 ^{bd} 1,4 (25)

Werte in einer Zeile der gesamten Tabelle 35 mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Tabelle 35:

VITAMIN A-GEHALT DER LEBER
VERSUCH IV

Relativzahlen in Klammern

	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proteinquelle	FS 050 K		HT 381		FM 479		Pruteen
Vitamin A-Gehalt							
Verabreichung	F	I	F	I	F	I	F
Verhaltenes Vitamin D (I.E.)	206	187,5	224	187,5	218	187,5	148
Vitamin A-Gehalt Leber	3x5	3x5 1x4	4x5	4x5	4x5	3x5 1x5	4x5
Vitamin A/g Leber	13,94 ^{bd} 0,52 (49)	12,95 ^{bcd} 1,70 (46)	15,35 ^{abdef} 8,13 (54)	15,13 ^{bcd} 2,02 (39)	14,60 ^{df} 1,81 (52)	9,38 ^C 2,23 (33)	15,84 ^d 1,79 (56)
Vitamin A/Leber	134,1 ^{bd} 10,9 (36)	138,0 ^{bc} 17,2 (37)	168,7 ^{bcd} 101,1 (45)	140,8 ^{bcd} 29,8 (38)	144,5 ^{bcd} 19,7 (39)	108,9 ^C 25,6 (29)	176,0 ^d 26,6 (47)
Speichertes Vitamin A	6,7 ^{bd} 0,8 (31)	6,6 ^{cbd} 1,5 (31)	9,1 ^{abcd} 8,2 (43)	6,4 ^{cbd} 2,5 (30)	7,7 ^d 1,3 (36)	3,6 ^b 1,8 (17)	9,0 ^C 1,8 (42)

F = über das Futter I = Injektion am 1., 4., 6. und 9. Versuchstag

In den Lebern gespeichertes Vitamin A, ausgedrückt als % vom verzehrten Vitamin A

Werte in einer Zeile der gesamten Tabelle 35 mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Hinsichtlich der auf g Leber bezogenen Vitamin A-Konzentration sind deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen vorhanden. Höchstwerte wurden in den Soja-Kontrollgruppen (26,2 und 28,2 I.E. Vitamin A/g Leber) erhalten. Alle anderen Probion- und Pruteen-Gruppen liegen in einem Bereich von 9,1 - 15,8 I.E. Vitamin A/g Leber. Bei Errechnung des Gesamtlebergehalts an Vitamin A vergrößern sich die bereits beschriebenen Unterschiede zwischen den Gruppen noch weiter. Die Vitamin A-Speicherung in der Leber der Soja-Kontrolltiere übertrifft dabei die SCP-Werte um mindestens den Faktor 2. Zwischen den zusammengehörigen SCP-Gruppen mit unterschiedlicher Vitamin D-Zufuhr sind hinsichtlich des Vitamin A-Gehalts der Leber keine Unterschiede aufgetreten.

Der Quotient, der sich aus der Berechnung von Vitamin A-Menge pro Leber in Bezug auf die über das Futter aufgenommene Vitamin A-Menge ergibt, wird als Speicher-Index bezeichnet. Die höchste Rate wurde in den Kontrollgruppen mit 18,8 bis 21,4 % Vitamin A-Speicherung in der Leber errechnet. Die einzelnen SCP-Gruppen bewegen sich zwischen 3,6 und 9,0 %. Der Höchstwert wurde in der Pruteen-Gruppe gemessen, was die bereits bei der Besprechung der Wachstums-Parameter hervor gehobene geringere Beeinträchtigung des intestinalen Transports von Vitamin D im Vergleich zu anderen Probion-Gruppen, auch für Vitamin A unterstreicht. Ein gleicher Befund läßt sich allerdings für die Reinproteingruppe S 1246 nicht erheben. Augenfällige numerische Unterschiede in der Vitamin A-Speicherung zwischen zusammengehörigen SCP-Gruppen, die sich allein durch die Vitamin D-Versorgung unterscheiden, entbehren mit einer Ausnahme (PM 479) der Signifikanz.

Die vorgelegten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die bereits beschriebenen Beeinträchtigungen der intestinalen Vitamin D-Verwertung nicht singular für Cholecalciferol stehen, sondern daß diese verminderte Verwertung auch Vitamin A betrifft. Es scheint wahrscheinlich und kann beim heutigen Kenntnisstand zumindest nicht ausgeschlossen werden, daß von dieser Malabsorption alle fettlöslichen Vitamine betroffen sind.

3.6 Versuch V (Legewachteln)

Die Störung der intestinalen Vitamin D-Verwertung läßt sich, wie aus Versuch IV hervorgeht, besonders augenscheinlich bei Hühnerküken demonstrieren. Versuche, den gleichen Effekt bei Wachtelküken deutlich werden zu lassen, können nur mit erheblich geringeren Vitamin D-Mengen erfolgreich durchgeführt werden. Das heißt, daß die Malabsorption von Vitamin D bei Wachtelküken offensichtlich nicht gleichermaßen wie bei Hühnerküken ausgeprägt ist. Damit stimmt auch das Bild der Kotkonsistenz überein, die bei Wachtelküken wesentlich weniger negativ beeinflusst wird als bei Hühnerküken.

Bei Wachteln konnte schon für Versuchstiere zwischen der 4. und 6. Lebenswoche gezeigt werden, daß die Wachstumsrate bei 50 % Probion enthaltenden Rationen mit einer Soja-Kontrollgruppe direkt vergleichbar ausfällt (Krauss 1982). Allein die Lebergewichte waren in dieser Gruppe noch erhöht.

Es war deshalb interessant zu prüfen, ob bei einem hinsichtlich Störungen der Vitamin D-Absorption weniger empfindlichen Tier in einem Altersabschnitt, in dem Probion offensichtlich wesentlich besser toleriert wird, sich Änderungen des "Vitamin D-Bedarfs" zeigen lassen.

Als Basis der Versuchsanstellung diente dabei ein früher entwickelter und routinemäßig gehandhabter Vitamin D-Test an der Legewachtel (Zucker und Gropp, 1969). Die Einzelheiten der Versuchsanlage sind in der Tabelle 36 wiedergegeben.

Tabelle 36:

**VERSUCHSPLAN
VERSUCH V**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
SCP % vom Reinprotein	0	0	0	0	50	50	50	100	100	100
Vitamin D I.E./kg Futter	80	140	200	480	120	240	480	120	240	480
Tierzahl	16	18	15	20	19	15	19	19	13	20

Als Kontrollrationen wurden Sojarationen mit gestaffeltem Vitamin D-Gehalt verwendet. In drei weiteren Rationen mit wieder gestaffelter Vitamin D-Konzentration wurden 50 % des Rationsproteins durch Probion KG 196 ersetzt. In den drei anschließenden Rationen mit gleicher Vitamin D-Konzentration diente Probion als alleiniger Proteinträger im Legewachtel-Futter. Alle Rationen enthielten jeweils 20 ppm Canthaxanthin und β -Apo-8'-Carotinsäureäthylester. Die Legewachteln waren vor Versuchsbeginn einer 5-wöchigen Vorperiode unterzogen worden, in der sie mit einem Vitamin D- und Carotinoid-armen Futter ernährt worden waren.

3.6.1.1 Versuchsdauer

Nach der Depletionsperiode (5 Wochen) wurden die Wachteln über 20 Tage (16.3.-5.4.1982) unter Versuchsbedingungen gehalten.

3.6.1.2 Versuchskriterien

Als Versuchskriterien dienten neben Futterverzehr und möglichen Änderungen der Lebendmasse, Legeleistung und Eischalencalcifizierung ausgedrückt in mg Schalengewicht/Tier und Tag, sowie Dotterfarbe.

3.6.1.3 Rationszusammensetzung

Die Zusammensetzung der drei Rationen ist in Tabelle 37 angegeben.

Tabelle 37:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) VERSUCH V

	(1)-(4) *	(5)-(7) **	(8)-(10) ***
Purina RP 100	13,97	6,99	—
Sojafeinmehl	18,29	9,15	—
SCP KG 196	—	16,13	32,26
Kohlensäurer Futterkalk	6,36	7,27	8,17
Phosphorsaurer Futterkalk	3,22	1,61	—
Viehsalz	0,61	0,61	0,61
K-Acetat	1,08	1,19	1,30
MgO	0,10	0,10	0,10
Zellulose	2,00	2,00	2,00
Vitamin-VM ****	0,30	0,30	0,30
Spuren-VM	0,20	0,20	0,20
Cholinchlorid	0,30	0,30	0,30
DL-Methionin	0,22	0,33	0,44
Glycin	0,20	0,10	—
L-Arginin-HCl *****	—	0,10	0,20
Carophyllorange	0,04	0,04	0,04
Sojaöl	6,00	4,71	3,42
Lupolen	—	0,04	0,07
Luerosil	0,50	0,50	0,50
Sirona	46,61	48,35	50,09

* Die Rationen 1, 2, 3 und 4 enthielten auf Kosten von Sirona jeweils 80, 140, 200 und 480 I.E. Vitamin D pro kg Futter

** Die Rationen 5, 6 und 7 enthielten auf Kosten von Sirona jeweils 120, 240 und 480 I.E. Vitamin D pro kg Futter.

*** Die Rationen 8, 9 und 10 enthielten auf Kosten von Sirona jeweils 120, 240 und 480 I.E. Vitamin D.

**** Vitamin D-frei

***** 10% Vormischung von Canthaxanthin und β -Apo-8-Carotinsäureäthylester (Verhältnis 1:1) (Hoffmann La Roche)

3.6.1.4 Nährstoffgehalt der Rationen

Die Versuchsrationen waren isokalorisch (3213 kcal/kg U.E.) und reinproteinäquivalent (20 %) berechnet. Der Gehalt an Calcium, Phosphor, Natrium, Kalium und Chlor war auf 3,50; 0,77; 0,25; 0,80 bzw. 0,40 % eingestellt.

Tabelle 38 orientiert über den analytisch ermittelten Nährstoffgehalt der Rationen. Der analytisch ermittelte Rohnährstoffgehalt steht zu den Rechenwerten in brauchbarer Übereinstimmung.

Tabelle 38: ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DER VERSUCHSRATIONEN
VERSUCH V

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
T.S.	90,2	89,6	90,0	89,7	88,4	89,4	89,7	88,5	86,9	92,1
Rohprotein	18,9	18,0	19,9	18,1	21,3	20,5	20,0	20,8	22,7	19,6
Asche	11,0	10,1	11,1	9,7	9,8	9,6	10,7	11,0	11,0	9,7
Phosphor	0,81	0,85	0,79	0,79	0,85	0,79	0,83	0,76	0,83	0,83
Calcium	3,25	3,21	3,28	3,25	3,14	3,04	3,21	3,29	3,21	2,98

3.6.1.5 Versuchsverlauf

Nach Ende der Depletionsperiode lag der gemeinsame Parameter Legeleistung und Eischalencalcifizierung im Mittel aller Tiere bei 110 mg Eischale/Tier und Tag. Die 10 Versuchsgruppen wurden so gebildet, daß bei Versuchsbeginn annähernd gleiche Lebendmassen und Schalengewichte/Tier und Tag entsprechend der Vorperiode erreicht wurden.

Während der ersten drei Versuchstage wurden keine Eier gesammelt. Die in den Ergebnistabellen angegebene Legeleistung bezieht sich daher auf den Versuchsabschnitt 4. bis 20. Tag. Der angegebene Futterverzehr erstreckt sich dagegen über die gesamte Versuchsperiode von 20 Tagen.

Die Mortalität lag in den einzelnen Gruppen zwischen 0 und 11 %. Dies entspricht einem maximalen Verlust von 2 von 20 Wachteln einer Gruppe. Dabei war eine gruppenspezifische Mortalitätsrate bezüglich Vitamin D-Versorgung oder SCP-Gehalt im Futter nicht erkennbar.

3.6.2 Ergebnisse

Die Tabelle 39 vermittelt eine Übersicht über die Versuchsergebnisse.

Tabelle 39:

**SCHALENGEWICHT, LEGELEISTUNG, FUTTERVERZEHR, FUTTERVERZEHR/
EI, DOTTERFARBE, LEBENDMASSEZUNAHME UND MORTALITÄT
VERSUCH V**

Relativzahlen in Klammern

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
% vom Eiweißprotein	0	0	0	0	50	50	50	100	100	100
Lebensdauer Tage/kg Futter	80	140	200	480	120	240	480	120	240	480
Stückzahl	16	18	15	20	19	15	19	19	13	20
Schalengewicht achtel Tag	396,9 ^a 121,1 (100)	413,7 ^a 187,9 (104)	582,7 ^h 254,3 (147)	604,8 ^h 62,7 (152)	194,0 ^c 90,3 (49)	440,8 ^{abc} 248,1 (111)	582,4 ^b 99,6 (147)	69,3 ^d 26,1 (17)	92,7 ^d 83,6 (23)	229,4 ^c 169,7 (58)
Leistung %	58,6 ^d 14,1 (100)	54,1 ^d 23,1 (92)	69,4 ^d 28,7 (118)	67,8 ^d 4,8 (116)	34,7 ^{bc} 12,2 (59)	50,3 ^{bcd} 30,8 (86)	62,5 ^d 11,1 (107)	20,4 ^{ab} 7,7 (35)	19,0 ^{ah} 9,6 (32)	32,4 ^b 18,1 (55)
Futterverzehr achtel Tag	25,4 ^{ae} 3,3 (100)	24,3 ^{ah} 4,8 (96)	28,8 ^a 4,2 (113)	24,9 ^{ah} 3,1 (98)	21,7 ^{bd} 1,7 (85)	25,7 ^{ab} 6,2 (101)	25,7 ^a 3,9 (101)	16,8 ^c 2,1 (66)	18,1 ^{cd} 4,5 (71)	22,1 ^{bde} 3,3 (87)
Futterverzehr Futter/Ei	46,5 ^e 9,9 (100)	65,9 ^{de} 56,6 (142)	60,5 ^e 52,9 (130)	37,9 ^{ge} 5,3 (82)	72,9 ^h 30,7 (157)	56,6 ^{cde} 28,1 (122)	44,5 ^e 11,0 (96)	93,0 ^{ab} 28,6 (200)	111,6 ^a 47,7 (240)	89,6 ^{abc} 40,5 (193)
Dotterfarbe *	92,0 ^a 9,9 (100)	90,1 ^{ah} 8,1 (98)	93,1 ^a 5,0 (101)	90,5 ^{ah} 4,9 (98)	80,9 ^{ah} 23,8 (88)	79,2 ^{abc} 39,1 (96)	90,9 ^a 3,5 (99)	46,4 ^c 33,6 (59)	67,0 ^{ac} 32,7 (73)	73,9 ^{bc} 21,7 (80)
(g)	+12,1	+11,9	+6,0	0	+6,5	+4,7	+15,0	-14,8	+24,0	-11,9
Mortalität %	6	6	7	10	0	7	0	11	8	5

* Eier mit Dotterfarbe größer als 15, ausgedrückt in % der Dotterfarbe-Bestimmungen.

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Die Lebendmasse der Versuchstiere war nur geringen Schwankungen unterworfen, in der Regel waren in den Soja- und 50 % SCP-Gruppen geringfügige Lebendmassezunahmen zu verzeichnen. Allein in den 100 % SCP-Gruppen (8) bis (10) wurde eine Verminderung der Lebendmasse im Versuchszeitraum beobachtet. Änderungen der Lebendmasse sind zweifels- ohne auf entsprechende Änderungen des Futterverzehrs zurückzuführen. In den 100 % Probion-Gruppen (8) bis (10) war der Futterverzehr gegenüber den Soja-Kontrollgruppen mehr oder weniger deutlich verringert (Signifikanz bei $p < 0,1$ für alle Gruppen mit Ausnahme der Probion-Gruppe (10)). Innerhalb der 50 % Probion-Gruppen war nur für die Gruppe (5) mit 120 I.E. Vitamin D/kg Futter ein Absinken des Futterverzehrs zu beobachten.

Fraglos wird die Legeleistung durch den unterschiedlichen Futterverzehr beeinflusst. Darüberhinaus aber ist eine Einwirkung der Vitamin D-Konzentration im Futter auf die Legeleistung deutlich zu sehen. Während innerhalb der Soja-Kontrollgruppen (1) bis (4) keine signifikanten Unterschiede im Tages-Futterverzehr aufgetreten sind, steigt die Legeleistung von 59 bzw. 54 % bei 80 bzw. 140 I.E. Vitamin D/kg Futter auf 69 % bzw. 68 % bei 200 bzw. 480 I.E. Vitamin D/kg Futter an. Noch deutlicher zeigt den Einfluß von Vitamin D auf Legeleistung und Eischalencalcifizierung der gemeinsame Parameter Schalengewicht/Fier und Tag, der mit zunehmender Vitamin D-Konzentration im Futter kontinuierlich ansteigt. Diese prinzipiellen Befunde gelten auch für die 50 und 100 % Probion-Gruppen (5) bis (7) bzw. (8) bis (10).

Wird Sojaprotein im Legewachtel-Futter vollständig durch Probion 196 ersetzt, so hat dies eine signifikante Legeleistungsminderung gegenüber den Kontrollgruppen zur Folge. Bei 120 und 240 I.E. Vitamin D/kg Futter verhalten sich die Gruppen (8) und (9) wie nahezu absolute Vitamin D-Mangelgruppen. Die Schalenausscheidung/Wachtel und Tag erreichte mit 63 bzw. 69 mg Schale/Wachtel und Tag (Gruppen (8) und (9)) Werte, wie sie ansonsten nur nach Ende einer mehrwöchigen Depletionsperiode für Sojarationen erreicht werden. Der Anstieg der Schalenausscheidung/Wachtel und Tag durch die Erhöhung der Vitamin D-Konzentration von 240 auf 480 I.E. Vitamin D/kg Futter ist zahlenmäßig deutlich und signifikant ($p < 0,1$).

Innerhalb der 50 % Probion-Gruppen lag bei 240 und 480 I.E. Vitamin D/kg Futter, nicht dagegen bei 120 I.E., die Legeleistung auf Kontrollgruppen-Niveau. Die geringere Legeleistung bei 120 I.E. Vitamin D/kg Futter ist signifikant von Gruppe (7) mit 480 I.E. Vitamin D/kg Futter verschieden. Dieselben Unterschiede können auch für die Schalenausscheidung bezogen auf mg Schale/Wachtel und Tag erkannt werden.

Aus den bisher beschriebenen Ergebnissen geht hervor, daß auch bei der erwachsenen Legewachtel Probion zu einer Verringerung der Vitamin D-Verwertung führt oder anders ausgedrückt, daß höhere Vitamin D-Gaben

notwendig sind, um Legeleistungsleichheit zu erreichen. Dies gelang im übrigen nur bei Ersatz von 50 % des Sojaproteins durch Probion. Bei 100 % Sojaprotein-Ersatz konnten selbst durch 480 I.E. Vitamin D/kg Futter die Leistungen nicht erreicht werden, die bei Soja-Gruppen mit 80 und 140 I.E. Vitamin D/kg Futter gemessen wurden.

Die Dosierung der synthetischen Carotinoide im Futter war relativ hoch gewählt worden, da bisher keine Erfahrungen über eine zweckmäßige Carotinoid-Konzentration bei Legewachteln vorlagen. Insofern überschritt die gemessene Dotterfarbe in den meisten Fällen den höchsten Farbfächer-Wert. Die Dotterfarbe ist deshalb in % aller Messungen, in denen der Dotterfächerhöchstwert überschritten wurde, angegeben. Werte zwischen 90 und 93 % für diesen Dotterfarben-Index charakterisieren die vier Soja-Kontrollgruppen. Für die 100 % Probion-Gruppen wurden dagegen korrespondierende Werte von nur 46, 67 und 74 % gemessen, eine Abstufung, die wahrscheinlich mit dem in Korrelation zur Vitamin D-Konzentration ansteigenden Futterverzehr entstanden ist. Auch in den 50% Probion-Gruppen ist eine Abhängigkeit der Dotterfarbe von der Vitamin D-Konzentration im Futter erkennbar, wenn auch nicht gleichermaßen ausgeprägt. In der am besten mit Vitamin D versorgten 50 % Probion-Gruppe (7) erreichte der Dotterfarben-Index Kontrollgruppen-Niveau.

Es kann daher davon ausgegangen werden, daß die intestinale Absorption von synthetischen Carotinoiden durch SCP negativ beeinflusst wird. Dem steht nicht entgegen, daß nur bei 50 % SCP im Protein der Rationen (5)-(7) relativ brauchbare Werte erhalten wurden, da die Dotterfarbe nur als Prozentanteil von Farbtönungen, die das obere Ende der Meßskala überschritten, bewertet werden konnte. Das heißt, daß der Carotinoid-Zusatz zum Futter zu hoch gewählt war, um die Dotterfarbe als tatsächlich sensiblen Versuchsparameter auszuweisen. Die oben angeführte Schlußfolgerung erfährt ihre Berechtigung in erster Linie aus den Daten der SCP-Gruppen (8) bis (10). Hier war der Dotterfarben-Index erheblich reduziert; dabei war der Futterverzehr/Ei um ca. 50 % gegenüber den Kontrollwerten angestiegen.

3.7 Versuch VI (Legewachtelversuch)

Da aus dem vorangegangenen Legewachtel-Versuch auf eine abnehmende Verwertung der dem Futter zugesetzten Carotinoiden geschlossen werden konnte, dieser Einfluß von Probion aber in Interaktion mit der Vitamin D-Konzentration im Futter und dem Futterverzehr stand, sollte in einem weiteren Versuch bei wahrscheinlich ausreichender Vitamin D-Versorgung die Frage der Carotinoid-Verwertung noch einmal überprüft werden. Dabei wurden insgesamt 5 Gruppen gebildet, in deren Futter von 0 über 5, 10 und 20 % bis 40 % ansteigende Probion-Anteile zu Lasten von Sojaschrot eingemischt waren. Mit jeweils 10 % Probion im Futter wurde die Vitamin D-Dosierung um 1250 I.E./kg Futter erhöht, um der probionabhängigen Vitamin D-Malabsorption Rechnung zu tragen. Der Carotinoid-Zusatz (5000 Canthaxanthin und 5 ppm β -Apo-Carotinsäureäthylester) im Futter betrug hier 10 ppm.

3.7.1.1 Versuchsplan

Der Versuchsplan ist in Tabelle 40 tabellarisch wiedergegeben. Geschlechtsreife Wachteln wurden nach einer Vorperiode von 5 Wochen in 5 annähernd leistungsgleiche Gruppen eingeteilt und auf die Versuchsrationen nach Zufall verteilt.

Tabelle 40:

VERSUCHSPLAN
VERSUCH VI

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
% SCP im Futter	0	5	10	20	40
Tierzahl	24	23	24	24	23

3.7.1.2 Versuchsdauer

Die Versuchsdauer betrug 23 Tage (21.7. - 14.8.1982).

3.7.1.3 Versuchskriterien

Die Versuchskriterien entsprachen den bereits in Versuch VI beschriebenen Parametern. Anstelle von Fischalenausscheidung/Wachtel und Tag wurde ein anderer Legeleistungs-Parameter, q Ei/Wachtel und Tag eingeführt.

3.7.1.4 Rationszusammensetzung

Die Rationen waren reinroteinäquivalent (Rationen (1)-(4) 21 %) gerechnet, mit Ausnahme von Ration (5), deren Reinroteingehalt 25,0 % betrug. Über die Rationszusammensetzung informiert Tabelle 41.

Tabelle 41:

	RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%)				
	VERSUCH VI				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sojaschrot	45,00	38,35	31,69	18,37	—
SCP KG 196	—	5,00	10,00	20,00	40,00
Kohlensäurer Futterkalk	6,00	6,25	6,49	6,99	7,46
Phosphorsaurer Futterkalk	2,70	2,26	1,83	0,95	—
Viehsalz	0,30	0,30	0,30	0,29	0,27
Zellulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Vitamin-VM	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Spuren-VM	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cholinchlorid	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Vitamin D-Prämix*	—	0,13	0,25	0,50	1,00
Carophyll-Prämix**	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
DL-Methionin	0,20	0,24	0,28	0,35	0,55
Glycin	0,22	0,19	0,15	0,09	—
L-Arginin-HCl	—	0,04	0,08	0,16	0,33
Sojaöl	3,00	2,80	2,60	2,20	1,40
Luposil	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sirona	39,22	41,08	42,98	46,74	45,63

* Carophyllorange-Prämix enthält 0,05 g 10%ige Canthaxanthin-VM und 0,05g 10%ige β -Apo-8-Carotinsäureäthylester-VM/g Prämix

** Vitamin D-Prämix enthält 0,1 g Vitamin D /100 g Prämix

Der Gehalt an Calcium, Phosphor und Natrium war in den Rationen auf 3,23 %, 0,77 (Rationen (1)-(4)) und 0,96 % (Ration (5)) bzw. 0,12 % eingestellt.

3.7.1.5 Versuchsverlauf

Nach Ende der Vorperiode betrug die Legeleistung 8,2 g Ei/Wachtel und Tag. Der Versuch verlief ohne Störungen. Die Verlustraten bewegten sich zwischen 0 und 9 % (siehe Tabelle 42). Die Gruppen mit 20 und 40 % SCP im Futter wiesen keine Verluste auf.

3.7.2 Versuchsergebnisse

In der Tabelle 42 sind die durchschnittlichen Werte der einzelnen Versuchsgruppen zusammengefaßt.

Tabelle 42: **EIGEWICHT, LEGELEISTUNG, FUTTERVERZEHR, FUTTERVER-
WERTUNG/10 g EI, FUTTERVERZEHR/EI UND MORTALITÄT**

VERSUCH VI

Relativzahlen in Klammern

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
% SCP im Futter	0	5	10	20	40
Tierzahl bei V.B.	24	23	24	24	23
Tierzahl bei V.E.	22	21	23	24	23
Eigewicht g	11,2 ^a 0,6 (100)	11,6 ^{ab} 0,8 (104)	11,8 ^b 0,7 (105)	11,7 ^{ab} 0,6 (104)	11,2 ^{ab} 1,2 (100)
Ei/Wachtel und Tag (%)	79 ^{ab} 14 (100)	79 ^b 10 (100)	75 ^{ab} 7 (95)	67 ^a 16 (85)	36 ^c 14 (46)
Legeleistung g Ei/Wachtel und Tag	8,9 ^a 1,7 (100)	9,2 ^a 1,2 (103)	8,9 ^a 1,0 (100)	7,8 ^a 1,8 (88)	4,0 ^b 1,6 (45)
Futterverzehr g/Wachtel und Tag	27,7 ^a 2,6 (100)	25,7 ^a 3,1 (93)	26,4 ^a 2,5 (95)	26,2 ^a 1,2 (95)	22,0 ^b 3,5 (79)
g Futter/10 g Ei	32,6 ^a 9,3 (100)	28,3 ^a 2,9 (87)	30,2 ^a 5,3 (93)	35,0 ^a 8,5 (107)	60,6 ^b 15,6 (186)
g Futter/Ei	36,1 ^{ab} 8,5 (100)	32,7 ^b 4,1 (91)	35,7 ^{ab} 6,6 (99)	41,0 ^a 10,5 (114)	67,5 ^c 18,0 (187)

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

Hinsichtlich des mittleren Eigewichts ergab sich in Gruppe (1) mit Sojarotein als einzigem Proteinträger ein Eigewicht von 11,2 g, das durch ansteigende Probion-Konzentrationen im Futter auf 10 % eine signifikante Erhöhung (auf 11,8 g) erfuhr. Bei 40 % Probion im Futter war das Eigewicht wieder auf Kontrollgruppen-Niveau abgesunken.

Mit zunehmendem Probion-Gehalt im Futter nimmt die Legeleistung ab. Dieses gilt nicht für die Gruppe mit 5 % Probion im Futter, die sich hinsichtlich aller Versuchsriterien auf Kontrollgruppen-Niveau bewegt. Bei 10, 20 bzw. 40 % Probion betrug die Legeleistung 75, 67 bzw. 36 %, der Kontrollgruppen-Wert lag bei 79 %. Auch die Legeleistung, ausgedrückt in $g\text{ Ei/Tier und Tag}$, folgt diesem Trend. 7,8 bzw. 4,0 $g\text{ Ei/Tier und Tag}$ in den Gruppen mit 20 und 40 % Probion können 8,9 g in der Soja-Kontrollgruppe gegenübergestellt werden. 10 und 20 % Probion im Futter bewirken keine Änderungen der Futteraufnahme und des Futterverbrauchs/10 $g\text{ Ei}$. Wegen der bei 20 % Probion geringeren Legeleistung ist allerdings der Futterverbrauch/Ei geringfügig höher als bei 10 % Probion sowie in der Kontrollgruppe. Insgesamt aber sind diese geringfügigen Unterschiede nicht signifikant.

Eine signifikante Leistungsminderung verbunden mit einem signifikant verminderten Futterverzehr wurde nur in der 40 % Probion-Gruppe aufgefunden.

Der zur Messung herangezogene Farbfächer war nicht in der Lage, das gesamte Spektrum der beobachteten Farbtönungen wiederzugeben. Deshalb wurde die Dotterfarbe nach verschiedenen Kriterien unterteilt angegeben. In der Tabelle finden sich Daten über den Prozentsatz der Eier, deren Dotterfarbe den niedrigsten Skalenwert unterschritten hatte, ebenso Prozentangaben, die bei der Überschreitung des höchsten Skalenwertes erhalten wurden. Ein dritter Datensatz gibt schließlich den Dotterfarben-Mittelwert für die Eier an, deren Dotterfarbe innerhalb des Skalenbereichs 6 bis 15 lag.

Tabelle 43 vermittelt einen Überblick über die Dotterfarbe.

Tabelle 43:

DOTTERFARBE

VERSUCH VI

Relativzahlen in Klammern

Code	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
% SCP im Futter	0	5	10	20	40
Dotterfarbe					
% 6*	7,0 ^a 2,0 (100)	8,5 ^{ah} 1,9 (121)	9,2 ^b 1,3 (131)	11,6 ^c 2,3 (166)	18,0 ^d 5,4 (257)
% 15**	48,1 ^a 15,7 (100)	32,0 ^b 13,9 (67)	33,3 ^b 13,0 (69)	34,3 ^b 6,7 (71)	— — —
Mittelwert***	14,3 ^{ab} 0,4 (100)	14,1 ^a 0,3 (99)	14,4 ^b 0,1 (101)	14,0 ^{ab} 0,8 (98)	12,7 ^c 0,5 (89)

* Eier, deren Dotterfarbe kleiner als 6 ist, ausgedrückt in % der Anzahl der Dotterfarbe-Bestimmungen

** Eier, deren Dotterfarbe größer als 15 ist, ausgedrückt in % der Anzahl der Dotterfarbe-Bestimmungen

*** Mittelwert der Dotterfarben der Eier, deren Dotterfarbe im meßbaren Bereich (6-15) lagen

Werte in einer Zeile mit verschiedenen Buchstabenindices sind mit $p < 0,1$ voneinander verschieden.

In der 40 % Probion-Gruppe wurden Dotterfarben, die oberhalb des für den Farbfächer meßbaren Bereichs lagen, nicht beobachtet. In dieser Gruppe wird auch der niedrigste Farbfächer-Mittelwert und die höchste Anzahl von Eiern mit einem Farbfächerwert kleiner 6 aufgefunden. Für die Probion-Dosierungen 5, 10 und 20 % im Futter läßt sich ein steigender Einfluß auf eine verminderte Ausprägung der Dotterfarbe unschwer erkennen. Dabei erreichen die verschiedenen Kriterien bei unterschiedlichen Probion-Prozentsätzen Signifikanz.

Die besprochenen Ergebnisse lassen die zweifelsfreie Deutung zu, daß Probion auch bei fehlender Beeinflussung des Futterverzehrs zu einer Reduktion der Dotterfarbe führt, das heißt, daß bei gleicher Aufnahme an synthetischen Carotinoiden weniger Carotinoide in den Dotter überführt werden. Dieser Befund erlaubt die Feststellung, daß auch hier Carotinoide eine Malabsorption erfahren, die der Störung des intestinalen Transports fettlöslicher Vitamine vergleichbar ist.

DISKUSSION

Es hat sich gezeigt, daß die Verfütterung hoch SCP-haltiger gereinigter Diäten an Hühnerküken zu gravierenden Wachstumsdepressionen führt. Vergleichbare Befunde haben auch Tiëws et al. (1974) für zwei Alkan-Hefen erhoben. Für Probion gilt ebenso wie für die oben zitierten Alkan-Hefen, daß sie nach entsprechender Ergänzung der Gesamtration bei Wachtelküken zu fast ebenso guten Ergebnissen führen wie Soja-Kontrollrationen (Gropp et al. 1975 a, König et al., 1980, Konrad 1983). Dennoch führen gleiche Rationen bei Hühnerküken zu schweren Unverträglichkeitsreaktionen, die bei Probion vom klinischen Bild der Rachitis (Gropp et al., 1980, Krauss 1982) und der anhaltenden Diarrhoe beherrscht werden.

Eine signifikante Anhebung der Wachstumsrate gelingt durch Erhöhung des Vitamin D-Zusatzes, dessen Optimum beim 8-10fachen der üblichen Ergänzung von Kükenrationen und damit etwa beim 20-fachen des Bedarfs liegt (ca. 10.000 I.E./kg). Auch mit diesen Rationen besteht noch ein überaus augenfälliger signifikanter Unterschied in der Lebendmassezunahme von Hühnerküken zum Kontrollprotein.

Daß bei 50 % SCP (hier Probion) die ernährungsphysiologischen Eckdaten einer Kükenration aus dem Optimalbereich (besonders augenfällig etwa bei Phosphor, hier 1,3-1,5 % gegenüber 0,7-0,8 %) fallen, kann durch eine entsprechende Gestaltung der Kontrollration nachgeahmt werden und bleibt somit ohne Einfluß auf den beschriebenen Befund.

4.1 Elektrolyte und Spurenelemente

Da für SCP auf Methanolbasis abhängig vom verwandten Produktionskeim und/oder der Prozeßführung völlig differierende Na- und K-Gehaltswerte anfallen, waren hierzu gesonderte Untersuchungen angezeigt. Zwar waren die analytischen Na- und K-Konzentrationen von Probion bekannt und daher auch alle Rationen einschließlich der Sojarationen Na- und K-äquivalent gestaltet, mögliche Einschränkungen der Verfügbarkeit waren aber bisher nicht geprüft worden. Dadurch hätten sich Na-, K- und Cl-Imbalancen in Probionrationen ergeben können, welche sich u.a. wachstumsmindernd hätten auswirken können.

Es konnte gezeigt werden, daß dieser Einwand zu Unrecht besteht. Für Probion-Rationen gelten hinsichtlich der notwendigen Natrium-, Kalium- und Chlor-Konzentrationen im Futter gleiche Voraussetzungen wie für Sojarationen.

Der Befund von Toshida (1975) - hohe Mortalität bei hoch-Pruteen-haltigen Rationen infolge K-Mangels - ist insofern zufällig, aber vermeidbar, entstanden, da die genauen Na- und K-Gehaltswerte von Pruteen vor Versuchsbeginn offensichtlich nicht bekannt waren und deshalb nicht berücksichtigt werden konnten.

Auf die Validität der verschiedenen Empfehlungen zur Einstellung eines gleichen Na-, K- und Cl-Verhältnisses im Kükenfutter (Mongin, 1981; Talbot, 1978) wurde bereits unter 3.2.2 (Ergebnisse Versuch I) eingegangen.

Ebenfalls theoretischer Natur waren Überlegungen, daß durch Probiotika die Verfügbarkeit zugesetzter Spurenelemente gemindert werden könnte. Allein dies war in Versuch II geprüft worden, da die Spurenelement-Vormischung unabhängig vom Gehalt der einzelnen Mischfutterkomponenten für eine bedarfsdeckende Spurenelement-Konzentration sorgte. Ein Beweis für die Stichhaltigkeit derartiger Überlegungen konnte bisher aber nicht erbracht werden. Spurenelementzusätze zu Probiotika-Rationen (Se, Cu, J, Mn, Zn) führten zu keiner Leistungsverbesserung. Ein gesonderter Mg-Zusatz wurde deshalb untersucht, weil durch den überhöhten Ca-Gehalt der Ration (1,5-1,8 %) sich eventuell ein höherer "Mg-Bedarf" infolge Resorptionsminderung oder veränderter intermediärer Verteilung hätte ergeben können. Aber auch dieser theoretische Ansatz führte nicht zum Erfolg.

So bleibt abschließend festzuhalten, daß auch in einseitig zusammengesetzten Hoch-Probiotika-Rationen bei Einstellung eines physiologischen Ca/P-Verhältnisses (1,2-1,4 : 1) trotz stark überhöhter Ca- und P-Konzentrationen im Futter an die Gehaltswerte der Elektrolyte Na, K, Cl und Mg sowie an eine Spurenelementergänzung keine aus dem Rahmen der Bedarfswerte fallenden Forderungen sich ergeben.

4.2 Vitamin D-Malabsorption

Krauss (1982) konnte zeigen, daß bei Angebot hoch-Probiotikahaltiger Rationen und 1320 I.E. Vitamin D₃/kg Futter innerhalb von 2 Lebenswochen eine ausgeprägte Rachitis (82 %) entsteht. Die Rachitis-Häufigkeit war durch Erhöhung des Cholecalciferol-Zusatzes auf 6.000 I.E./kg deutlich (auf 27 %) zu senken. Aus späteren Untersuchungen (Groop et al. 1980, Groop und Stadler 1981) ergab sich, daß etwa 10.000 I.E. Vitamin D₃/kg einen maximalen Effekt entfalten.

Insofern überrascht es nicht sonderlich, daß bei nur 4.000 I.E./kg noch Störungen des Ca- und P-Stoffwechsels (Versuch III) auftraten.

Dabei stehen eine Verminderung des Knochenaschegehaltes und Erhöhungen des Ca- und weniger deutlich auch des P-Plasmaspiegels im Vordergrund.

Von Müller-Schell (1981) wurde an Material aus Versuch III Calcium-Bindungsprotein in der Darmmucosa gemessen. Die Ergebnisse lassen ein vermindertes Vorkommen dieses Proteins in der Darmmucosa der längerfristig SCP-gefütterten Tiere erkennen. Dieser Befund steht nicht in Einklang mit dem hohen Ca-Plasmaspiegel und den Ca-Transportstudien im Darm (Geißdörfer, 1981), auf die später noch zurückzukommen sein wird.

Da die SCP-Tiere (besonders Gruppe C) deutliche Diarrhoe-Symptome zeigten und somit unterschiedliche Epithelerneuerungsraten angenommen werden dürfen, sind die Ca-BP-Werte zwischen den Gruppen möglicherweise kaum vergleichbar.

Der intestinale Ca- und P-Transport wurde aus Proben von Versuch III von Geißdörfer (1981) nach der "everted sac-Methode" bestimmt. Dabei zeigten sich in der SCP-Gruppe (C) bei Konventionaltieren deutliche, bei Gnotobioten etwas geringere Erhöhungen des Ca-Transportes gegenüber der Soja-Kontrolle (A).

Die Ca-Gewebeaufnahme, ihrerseits ca. 4-5 mal höher als der Ca-Transport, war für die Konventionaltiere bei Probion ebenfalls erhöht.

Der P-Transport war dagegen in den SCP-Gruppen erniedrigt. Auch die P-Gewebeaufnahme - sie betrug etwa das 8-10fache des in vitro ermittelten P-Transports - war reduziert. Beide Befunde sollten nicht als verringerte Verfügbarkeit von Probion-Phosphor gedeutet werden, obwohl sich eine solche Erklärung anbietet. Nach Untersuchungen von Sambeth (1979) sowie Gropp und König (1979) dürfte die Verfügbarkeit von Probion (Nucleinsäuren)-Phosphor nicht eingeschränkt sein.

Die Deutung der zunächst verwirrenden eigenen Befunde (mehr Plasma-Calcium bei verminderter Knochenasche durch Probion) wird durch die Ergebnisse von Geißdörfer (1981) erleichtert. Ein erhöhter Ca-Plasmaspiegel korreliert gut mit einer gesteigerten Ca-Transportrate im Darm. Der geringere Einstrom von Phosphor (gemessen allerdings unter in vitro Bedingungen) führt letztlich zu einer mangelhaften Knochencalcifizierung (reduzierte Knochenasche). Da Ca im Überfluß im Plasma-Pool vorliegt, bindet es dort auch noch Phosphat (leicht erhöhter P-Plasmaspiegel wurde gemessen), was den rachitisähnlichen Effekt verstärkt. Die mangelnde Skelettcalcifizierung muß somit als Folge einer P-Unterversorgung anzusehen sein, die aber durch Phosphor-Zulage zum Futter nicht zu kompensieren ist (Gropp und König, 1979).

Über die auslösenden Faktoren liegen außer dem Symptom Diarrhoe und der Vitamin D-Malabsorption keine Anhaltspunkte vor.

Daß es sich bei der Depression der Cholecalciferol-Verwertung nicht um einen intermediären Effekt, etwa Hemmung der Hydroxylierungsschritte in Leber oder Niere, sondern um eine Malabsorption handelt, konnte in Versuch IV eindeutig belegt werden. Die Befunde werden unterstützt durch eine Reihe gleichlautender Versuchsergebnisse von Gropp et al. (1980). 1.000 I.E. Cholecalciferol/kg Futter führten in Versuch IV in den Probion-Rationen (weiter behandelte Probion-Chargen ausgenommen) zu absolut niedrigeren Knochenaschewerten. Das wird im Vergleich zu Soja-Kontrollgruppen besonders deutlich (53 % bei Soja, 45 % im Mittel von 4 Probion-Gruppen). Eine gleiche Menge an Cholecalciferol, wie sie über das Futter aufgenommen wurde, genügte parenteral verabreicht, um die Knochenaschewerte zu normalisieren.

Die verringerte Verwertung von oral aufgenommenem Vitamin D ist nicht auf das Hühnerküken beschränkt, sie wurde allerdings graduell weniger ausgeprägt auch bei der Wachtel beobachtet (Gropp et al., 1980). Bei 1320 I.E. Cholecalciferol/kg Futter wirkte sich hier die Malabsorption nicht mehr auf die Knochencalcifizierung oder den Ca-Blutspiegel aus.

Schließlich wird SCP auch insgesamt bei der Wachtel, insbesondere bei etwas älteren Tieren (ab der 3. Lebenswoche, Krauss 1982) besser toleriert und verwertet als bei Hühnerküken.

Ein Vergleich verschiedener (suboptimaler) Cholecalciferol-Dosierungen in Legewachtelrationen konnte dann doch zeigen, daß auch hier Cholecalciferol schlechter verwertet wird. Dies geht nicht so sehr aus einem Vergleich der Fischalcencalcifizierung bei etwa Vitamin D konzentrationsgleichen Soja- und Probion-Rationen hervor, da hier unterschiedliche Verzehrsmengen gemessen wurden, sondern aus der deutlichen Verzehrssteigerung und Leistungsanhebung als Folge einer Cholecalciferol-Zulage zum Futter. Konzentrationsvergleiche auch unter Einbezug der 50 % Probion/50 % Soja-Rationen erlauben die Schätzung, daß die Cholecalciferol-Absorption etwa um den Faktor 6-8, mindestens jedoch um den Faktor 4 reduziert ist.

Sicher ist die Diarrhoe bei Wachtelküken und bei Legewachteln zwar vorhanden, aber doch weit weniger ausgeprägt als bei Hühnerküken. Insofern bestehen Zweifel, ob die Probion-abhängige Cholecalciferol-Malabsorption allein mit der diarrhoebedingten Darmwandschädigung im Zusammenhang zu sehen ist, wie dies als Arbeitshypothese von Gropp et al. (1980) vorgeschlagen wurde. Zwar würden graduelle Diarrhoe-Unterschiede auch Unterschiede im intestinalen Vitamin D-Transport erklären, die wahrscheinlich eher aber durchfallbedingte Darmwandmassenvermehrung (Versuche III und IV) ist nicht mit der Vitamin D-Malabsorption eng verbunden. Jedenfalls ist Malabsorption noch zu beobachten, wenn das Dünndarmgewicht bereits den Kontrollen entspricht (Versuch IV). Nicht ausgeschlossen wird aber, daß Diarrhoe die Cholecalciferol-Malabsorption als zusätzlichen unterstützenden Faktor fördert.

Insofern können für Probion zwei verschiedene bei Geflügel wirksame Noxen angenommen werden.

4.3 Vitamin A und Carotinoide

Ähnlich wie für Cholecalciferol dürfte auch für Vitamin A bei Hühnerküken der intestinale Retinol-Transport gestört sein. Obwohl letztlich schlüssige Beweise, die in derselben Versuchsanstellung wie bei Vitamin D (Vergleich der Wirkung dosisäquivalenter oraler und parenteraler Gaten) zu erbringen wären, noch ausstehen, lassen verringerte Speicherraten für Retinyl in der Leber und Carotinoide im

Wachtelidotter diese Hypothese als wahrscheinlich zu. Wenn auch eine intermediäre Störung des Vitamin A-Metabolismus für eine reduzierte Retinyl-Speicherung in Frage käme, so benötigt doch der Carry-Over von Futtercarotinoiden in den Dotter keine komplizierten metabolischen Umsetzungen.

Aus Versuch VI an Legewachteln ergeben sich jedenfalls unmittelbar praktische Schlußfolgerungen, die aus Versuchsanstellungen mit 50 % Probion in der Ration als alleiniger Proteinquelle nicht bedingungslos zu ziehen sind. Da bereits 5 % Probion im Legewachtelfutter die Dotterfärbung verminderte, muß bei Verwendung von Probion - das nach futtermittelrechtlichen Bestimmungen als verkehrsfähiges Einzelfuttermittel zu gelten hat - mit einer Beeinträchtigung der Dotterfarbe gerechnet werden, wenn nicht durch eine Erhöhung der Zufuhr an pigmentgebenden Carotinoiden diesem Effekt entgegengewirkt wird.

4.4 Organbefunde

Zentrales Augenmerk verdienen die Gewichtszunahmen der Lebern und des Dünndarms Probion-gefütterter Hühnerküken.

Der Dünndarmbefund mag mit der Diarrhoe in Zusammenhang stehen, er war gleichermaßen bei Konventionaltieren wie bei Gnotobioten zu beobachten.

Der Leberbefund ist sicherlich gewichtiger zu werten. Dies geht schon aus der zahlenmäßig auffälligeren Häufung der Zunahme des relativen Lebergewichts bei SCP-Konventionaltieren gegenüber Gnotobioten hervor. Auf die daraus abzuleitenden Interaktionen zwischen Darmflora und Leberbefund wurde bereits hingewiesen (3.4.2, Synopse).

Als besonders schwerwiegend sind die histo-pathologischen Befunde einzuordnen. In allen Lebern der Konventional-SCP-Tiere (Versuch III) wurden lymphohistiozytäre und gemischtzellige Infiltrate festgestellt. Die Häufigkeit dieses Befundes in den Sojakontrollen unterschritt die 50 % Marke.

Mit der Gesamtheit der Leberbefunde einher geht auch eine Veränderung des weißen Blutbildes, das eine ausgeprägte Leukozytose als Folge der Probion-Verfütterung erkennen läßt.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß die zuletzt beschriebenen Befunde sich auf eine Versuchsdauer von nur 4 Wochen beziehen. Wie und in welchem Umfang Organschädigungen nach etwa 6 Monaten Probion-Fütterung auftreten, kann allenfalls gemutmaßt werden.

4.5 Schlußbetrachtung

Alle Versuche mit Ausnahme von Versuch VI wurden mit extrem hohen Probiom-Konzentrationen in gereinigten Diäten durchgeführt. Dabei werden Hinweise auf Nebenwirkungen erhalten, die in mehr praxisorientierten Versuchen wahrscheinlich nicht auftreten und für die Fütterungspraxis wenn überhaupt von nur untergeordneter Bedeutung sind.

Die vorgestellten Versuche haben daher modellhaften Charakter für die "ernährungstoxikologische" Prüfung neuer unkonventioneller (Bivert) Futtermittel.

ZUSAMMENFASSUNG

Probion, eine Einzeller-Biomasse aus *Methylomonas clara* auf Methanol gezüchtet, wurde in 6 Versuchen an Geflügel unter verschiedenen Gesichtspunkten untersucht. Dabei wurde Probion (ca. 80 % Rohprotein, 62 % Reinprotein) in gereinigten Diäten mit Sojaprotein verglichen.

In Versuch I an insgesamt 1030 Hühnerküken (männlich) wurden über 15 Tage verschiedene Na-, K- und Cl-Konzentrationen im Futter eingesetzt. Dabei zeigte sich, daß für Probion nicht andere Elektrolyt-Konzentrationen im Geflügelfutter angestrebt werden müssen wie für Sojaprotein. Die Leistungen (Wachstum, Futterverwertung) der Probion-Gruppen lagen deutlich unter den Werten der Soja-Kontrollgruppen.

Auch eine zusätzliche Ergänzung von Probion-Rationen (Versuch II) mit Cu, Se, J, Mn, Zn bzw. Mg einzeln oder zusammen bewirkte keine Änderung der Wachstumsrate in 13 Tagen (insgesamt 240 Küken, männlich).

In Versuch III wurde eine Probion- und eine Soja-Ration an insgesamt 186 Küken über 4 Wochen unter Konventional- und Isolator-Bedingungen (Gnotobioten) verglichen. Die SCP-bedingte Wachstumsdepression war unter beiden Haltungsbedingungen erkennbar. Verminderung des Knochenaschegehalts der Tibia, Erhöhung des relativen Leber- und Dickdarmgewichts sowie eine Leukozytose waren ebenfalls in beiden Haltungsgruppen zu beobachten. Das Ausmaß der Lebergewichtsveränderung und der Leukozytose sowie die histopathologischen Leberbefunde in den SCP-Gruppen lassen eine Interaktion zwischen Darmflora und SCP vermuten. Probion bedingt eine auffallend hohe SCP-Mekonzentration.

In Versuch IV an insgesamt 535 Hühnerküken wurden nach 6 Tagen Vorperiode 6 verschieden aufbereitete Probion-Chargen bei annähernd dosisequivalenter oraler oder parenteraler Cholecalciferol-Zufuhr verglichen. Während orale Vitamin D-Zufuhr (entsprechend 1000 I.E./kg Futter) in allen SCP-Gruppen zu einer im Vergleich zur Soja-Kontrollgruppe verminderten Knochenasche (und Wachstumsdepression) führte, bewirkte die parenterale Cholecalciferol-Versorgung eine Anhebung der Knochenasche-Konzentration und der Wachstumsrate. Die Erhöhung des relativen Leber- und Dünndarmgewichtes in den SCP-Gruppen war von der Art der Vitamin D-Versorgung unbeeinflusst. Alle Probion-Gruppen wiesen bei gleicher Vitamin A-Konzentration im Futter (25000 I.E./kg) eine verminderte Leber-Speicherung auf.

In Versuch V wurde an insgesamt 160 Legehennen über 20 Tage geprüft, ob der "Vitamin D-Bedarf" auch bei erwachsenen Tieren durch Probion beeinflusst wird. Im Vergleich zu konzentrationsgleich versorgten Soja-Gruppen lag die Legeleistung und die Eischalencalcifizierung von Probion-Gruppen niedriger. Auch die Eidotterfärbung war reduziert.

In Versuch VI konnte schließlich an insgesamt 98 Legewachtern über 23 Tage gezeigt werden, daß steigende SCP-Gehalte den Übergang synthetischer Carotinoide in den Eidotter negativ beeinflussen.

Aus den Ergebnissen der Versuche III - VI an Hühnerküken und Legewachtern wird geschlossen, daß hohe Probion-Konzentrationen den intestinalen Transport fettlöslicher Vitamine und von Carotinoiden hemmen.

5.1 Summary

Probion, a methanol based single cell protein (*Methylomonas clara*) was studied under different aspects in poultry. Probion (ca. 80 % CP, 62 % N x 6.25 from amino acids and ammonia) was compared with soy protein in semipurified diets.

In trial I on a total of 1030 male chicks, diets with different Na, K and Cl levels were fed for 15 days. It could be shown, that the requirement for dietary sodium, potassium and chloride was equal for Probion and soy diets. Growth and feed conversion was remarkably depressed by probion in comparison to soy protein.

Extra supplements of Cu, Se, J, Mn, Zn and Mg, alone and together (trial II) did not alter growth rate of Probion groups in 13 days (a total of 240 male chicks).

In trial III, Probion and soy diets were fed to a total of 186 male chicks for 4 weeks comparing conventional and gnotobiotic environments. In both environments growth depression was obvious for SCP-groups. Feeding Probion resulted in a decreased bone ash content, increased relative liver and small intestine weight as well as in leucocytosis. The degree of liver weight increase and of leucocytosis and the histological findings of the liver of the SCP-groups are conclusive for an interaction between the gut flora and SCP. These side effects were evidently more obvious for conventional environment.

In trial IV 6 different Probion lots were offered for 10 days to a total of 535 male chicks after 6 days preperiod. Equivalent cholecalciferol doses were given via feed or parenterally. Oral vitamin D supply (corresponding to 1000 I.E./kg) led to reduced bone ash and depressed growth in comparison to the soy controls. Parenteral cholecalciferol resulted in enhanced growth and bone ash. Relative liver and small intestine weight was increased by Probion independent from the kind of vitamin D supply. Liver vitamin A level and percentage of storage was reduced in Probion groups (25.000 I.E. A/kg feed).

In trial V on a total of 180 vitamin D and carotenoid depleted laying quails (cot.cot.jap.) the influence of Probion on the laying performance was studied in relation to dietary cholecalciferol. The Probion groups showed decreased laying performance, egg shell calcification and egg yolk pigmentation in comparison to the soy controls with equivalent dietary vitamin D and carotenoids.

In trial VI on a total of 98 laying quails it could be shown in 23 days, that increasing amounts of Probion adversely affect the carry over of carotenoids from feed to egg yolk.

It is concluded from the results of experiments III - VI on broiler chicks and laying quails, that high Probion concentrations (40 - 50 %) in the feed inhibit the intestinal transport of fat soluble vitamins and of carotenoids.

6 L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

BECK H.:

- (1974) Studien über den Einsatz von Alkan-Hefen in der Geflügelnahrung
Vet. Med. Diss. Univ. München

J. BRÜGGEMANN, MERKENSCHLAGER, M. SCHMIDT, H., RIEDEL G. UND J. SCHOLE:

- (1969) Die Beeinflussung des Wachstums keimfrei und konventionell gehaltenen Küken durch Chlortetracyclin über den intermediären Stoffwechsel
Zeitschrift f. Tierphysiol., Tierernährq. u. Futtermittelkunde A 25, 321-332

D'MELLO J.P.F. :

- (1973) Amino acid supplementation of hydrocarbon grown yeast in diets for young chicks
Nutrition Reports International 8, 105-109

D'MELLO J.P.F. und T.ACAMOVIC:

- (1976) Evaluation of methanol-grown bacteria as a source of protein and energy for young chicks
British Poultry Science 17, 393-401

FERRANDO R.:

- (1972) Conventional and Unconventional Foods. A Medical Nutritional View
Proteins from Hydrocarbons Proceedings of the 1972 Symposium at Aix-en-Provence, Edited by Gounelle de Pontanel, Academic Press London u. New York 83-108

FEUCHTER M.:

- (1982) Studien zum Phosphor-Stoffwechsel von Kälbern während der Futterumstellung
Vet. Med. Diss. Univ. München

GEISSDÖRFER, KARIN:

- (1981) Beeinflussung des Intestinalen Calcium- und Phosphat-Transports durch Goldhafer, Solanum Malcoxylon und Einzellerprotein bei Hühnerküken
Med. Vet. Diss. Uni. München

GREIFE H., MOLNAR S. und K.D. GÜNTHER:

- (1979) Proteinqualität des H_2 -oxidierenden Bakterienstammes *Alcaligenes eutrophus* in der Broilermast
 1. Mitteilung: Wachstum und Futterverwertung bei steigendem Austausch von Sojaextraktionsschrot durch die Bakterienmasse
 Archiv für Geflügelkunde 43, 129-138

GREIFE H., MOLNAR S., BADAWY-HAFEZ N. und K.D. GÜNTHER:

- (1979) Proteinqualität des H_2 -oxidierenden Bakterienstammes *Alcaligenes eutrophus* in der 1979 Broilermast
 2. Mitteilung: N-Verwertung und N-Stoffwechsel bei steigendem Austausch von Sojaextraktionsschrot durch die Bakterienmasse
 Archiv für Geflügelkunde 43, 182-192

J. GROPP UND H. ZUCKER:

- (1971) Vitamin D_3 -Bestimmung im biologischen Verfahren an der japanischen Wachtel
 Archiv für Geflügelkunde 35, 41-46

GROPP J., BECK, H. und H. ERBERSDOBLER:

- (1975) Alkanhefen in der Geflügelnahrung. 4. Mitteilung: Studien über den Futterwert von Alkanhefen bei Wachtelküken
 Zeitschrift für Tierphysiologie, Ernährungsphysiologie und Futtermittelkunde 34, 141-163

GROPP J., BECK H. und H. ERBERSDOBLER:

- (1975) Alkanhefen in der Geflügelnahrung. 5. Mitteilung: Untersuchungen zur optimalen Methioninergänzung von Alkanhefen bei Wühner und Wachtelküken
 Zeitschrift für Tierphysiologie, Ernährungsphysiologie und Futtermittelkunde 34, 181-199

GROPP J.:

- (1979) Side effects of feeding SCP in semipurified diets
 COST-Workshop on Production and Feeding of Single Cell Protein
 Jülich 14-16. 11. 1979

GROPP J. und K. KÖNIG:

- (1979) Persönliche Mitteilung

GROPP J., KÖNIG K. und E. STADLER:

- (1980) Nebenwirkungen bei der Prüfung hoch SCP-Haltiger Diäten
2. Symposium Mikrobielle Proteingewinnung und Biotechnologie,
Braunschweig-Stöckheim 2.-3. 10. 1980

GROPP J. und E. STADLER:

- (1981) Unveröffentlichte Arbeiten

GRUND K.:

- (1982) Untersuchungen an Kälbern über Umstellungs-bedingte Änderungen
des Phosphor-Stoffwechsels
Vet. Med. Diss. Univ. München

HEINZ T., RUTHILD SCHADERITZ und G. HENK:

- (1979) Untersuchungen zum Einsatz von Erdöl-Destillat-Futterhefe "Per-
mosin" in der Tierernährung
2. Mitteilung: Verdaulichkeit der Nährstoffe von Ferosin-
Futterhefe bei Broiler (Huhn) und Mastschwein
Archiv für Tierernährung 29, 81-91

HOPPE P., GROPP J. und TIEWS:

- (1971) Über die Vitamin A-Wirksamkeit synthetischer Eidotterpigmente
bei Hühner- und Wachtel-Küken
Archiv für Geflügelkunde 2, 72-75

JARDE T.:

- (1980) Untersuchungen über die Proteinqualität verschiedener Produkte
und Präparationen einer Bakterienbiomasse (*Methylophilus clara*) aus
kontinuierlicher Fermentation
Vet. Med. Diss. Univ. München

KÄMMERER K.:

- (1974) Bedeutung und Verträglichkeit von Alkanhefen als Nahrungsei-
weiß. Sammelreferat I. Teil
Züchtungskunde 46, 56-72

KONRAD H.:

- (1983) Med. Vet. Diss. Univ. München
in Vorbereitung

KRAUSS SILVIA:

- (1982) Zur Charakterisierung von Nähr- und Wirkstoff- Imbalancen in
Single Cell Protein (Probiön) bei Geflügel
Med. Vet. Diss. München

MONGIN P.:

- (1981) Recent advances in dietary anion-cation balance applications in
poultry
1981 Symposium on Mineral Nutrition of Farm Livestock Proceed-
ings Nutrition Society 40, 285-294

MÜLLER SCHELL MONICA:

- (1981) Einfluß von Goldhaferfraktionen auf Vitamin D-abhängige Para-
meter beim rachitischen Hühnerküken
Med. Vet. Diss. Uni. München

SACHS L.:

- (1974) Statistische Methoden
5. Auflage Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

SAMBETH W. und FAUST V.:

- (1978) Neue Futtermittel-Erzeugung von Single Cell Produkten
Fette, Seifen und Anstrichmittel Sonderheft 592-595

SAMBETH W.:

- (1979) Persönliche Mitteilung

SCHWARZ K. und C.M. FOLTZ:

- (1958) Factor 3 activity of Selenium compounds
Journal of Biological Biochemistry 233-245

CHACKLADY C.A. und E. GANMEM:

- On the chemical nature of some green alkanes. In: Molecular
From Hydrocarbons
(Gounelle de Pontaneil, ed.) Academic Press London u. New York

TALBOT C.J.:

- (1978) Sodium, Potassium and Chlorid imbalance in broiler chicks
Proceedings Nutrition Society 37, 53 A

TIEWS J., GROPP J., SCHULZ V., ERBERSDÖBLER und H. BECK:

- (1974) Alkanhefen in der Geflügelmährung. 3. Mitteilung: Kükenmastversuche mit Alkanhefe in praxisnahen und halbsynthetischen Rationen
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde 34, 86-113

VAN WEERDEN E.J., SHACKLADY C.A., VAN DER WAAL P. und J.B. SCHUTTE:

- (1972) Metabolisable energy of yeast grown on n-Paraffins and its use in rations for broiler chicks
Archiv für Geflügelkunde 1, 1-4

VOGT H., HARNISCH, S. und H.G.TORGES:

- (1975) Bakterienprotein (Methanol-Fermentations-Protein) im Geflügelfutter
Archiv für Geflügelkunde 4, 146-151

VOGT H., RENATE KRIEG und S.HARNISCH:

- (1978) Alkanhefe VITON im Geflügelfutter
Archiv für Geflügelkunde 42, 201-207

WALDROUP P.W., HILLARD, C.M. und R.J.MITCHELL:

- (1971) The nutritive value of yeast grown on hydrocarbon fractions for broiler chicks
Poultry Science 50, 1022-1029

WALDROUP P.W. und J.R. PAYNE:

- (1974) Feeding value of methanol-derived Single Cell Protein for broiler chicks
Poultry Science 53, 1039-1042

YAMAZAKI M., ANDO M. und D. KUROTA:

- (1977) Studies on the digestibility of single cell protein on various nutrient substrates for colostomized hens
Japanese Poultry Science 14, 232-235 Abstr. 3582 in Nutrition Abstracts and Reviews Serie B Vol 48 Nr8

YOSHIDA M., IKUMO, H. und H. HOSCHIT:

- (1958) Selenium content in Single Cell Protein and Selenium deficiency in chicks fed them as a sole protein source
Japanese Poultry Science 14, 284-289

YOSHIDA M.:

- (1975) Yeast grown on n-Paraffins as future poultry feed
Worlds Poultry Science Journal 3, 221-234

YOSHIDA M.:

- (1977) Potassium deficiency of chicks and rats fed bacteria grown on **Methanol**
Japanese Poultry Science 14, 266-273

Tabelle a: SPURENELEMENT AUF MAISSTÄRKE

enthält in 1 g (= pro kg Futter)

Fe (aus Eisenfumarat)	100 mg
Zn (aus Zinkacetat x 2 H ₂ O)	80 mg
Mn (aus Mangansulfat x H ₂ O)	80 mg
Cu (aus Kupferacetat x H ₂ O)	12 mg
I (aus Kaliumjodid)	2,5 mg
Co (aus Cobaltsulfat x 7H ₂ O)	1 mg
Se (aus Natriumselenit)	0,5 mg
F (aus Natriumfluorid)	5 mg
Mg (aus Magnesiumoxyd)	70 mg

Tabelle b: VITAMINMISCHUNG

(auf Maisquellstärke, alle Angaben pro kg Futter)

% Vitamin-Vormischung im Futter

	0,2	0,3	0,5
--	-----	-----	-----

Retinol	3,0	4,5	7,5 mg
Cholecalciferol	22,2	33,3	55,5 mcg
α -DL-Tocopherolacetat	33,3	50,0	83,3 mg
Thiamin	3,3	5,0	8,3 mg
Riboflavin	4,8	7,2	12,0 mg
Pyridoxin	2,0	3,0	5,0 mg
Cobalamin	20,0	30,0	50,0 mcg
Biotin	70,0	100,0	170,0 mcg
Folsäure	130,0	200,0	300,0 mcg
Ca-Panthothenat	13,3	20,0	33,3 mg
Nikotinsäure	33,3	50,0	83,3 mg
Cholin	324,0	486,0	810,0 mg
Ascorbinsäure	53,3	80,0	133,3 mg

Tabelle c: FUTTERZUSAMMENSETZUNG VORPERIODE DER
VERSUCHE II UND IV

Komponente	%
Sojaschrot	25,0
Kohlensaurer Futterkalk	1,0
Phosphorsaurer Futterkalk	1,0
NaCl	0,3
Spurenelement-VM	0,1
DL-Methionin	0,1
Maisschrot	72,5

Tabelle d: ZUSAMMENSETZUNG DER VITAMINVORMISCHUNG
VERSUCH III

Komponente	Vitamine / kg Futter
Retinol	6 mg
Cholecalciferol	100 mcg
α -DL-Tocopherolacetat	200 mg
Thiamin	100 mg
Riboflavin	50 mg
Pyridoxin	20 mg
Cobalamin	200 mcg
Biotin	500 mcg
Folsäure	5 mg
Ca-Panthothenat	40 mg
Nikotinsäure	100 mg
Cholinchlorid	2000 mg
meso-Inosit	100 mg
P-Aminobenzoesäure	2 mg
Askorbinsäure	200 mg

20mg Vitamin K/kg fertige Mischung wurde als Konaktion (Hoffmann La Roche) dem Futter unmittelbar vor der Sterilsierung zugemischt.

Tabelle e:

FUTTERZUSAMMENSETZUNG VORPERIODE

VERSUCH V

Komponente	%
Purina RP 100	13,97
Sojafeinmehl	18,29
Kohlensaurer Futterkalk	6,36
Phosphorsaurer Futterkalk	3,22
Viehsalz	0,61
K-Acetat	1,08
MgO	0,10
Zellulose	2,00
Vitamin-VM *)	0,30
Spuren-VM	0,20
Cholinchlorid	0,30
DL-Methionin	0,22
Glycin	0,20
Sojaöl	6,00
Luprosil	0,50
Sirona	46,65

Herrn Prof. Dr. J. Groop möchte ich an dieser Stelle meinen besonderen Dank für die Überlassung des Themas und für seine hilfsbereite Unterstützung und instruktive Anleitung bei Anfertigung der vorgelegten Arbeit aussprechen.

Ferner danke ich Herrn Dr. K. König und Frau D. Böhringer für die Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

Zu danken habe ich Frau E. Stadler und Frau A. Wetzel für technische Assistenz sowie dem gesamten Personal in Oberwiesenfeld für stets kollegiale Hilfe.

L E B E N S L A U F

R i c h a r d F u c h s

Geboren: 17. Juli 1954 in Santiago/Chile

Eltern: Rodolfo Fuchs, Ingenieur
Helga Fuchs, geb. Throm

Staatsangehörigkeit: deutsch und chilenisch

Schulbesuch: 1961 - 1966 Deutsche Schule "Los Leones" in Santiago
1966 - 1972 Deutsche Schule zu Santiago

Abitur: November 1972 "Prueba de Aptitud Academica"

Studium: 1973 - 1979 Tiermedizin an der Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Chile in Santiago

Approbation: 21.9.1979 durch die Universidad de Chile in Santiago

Weitere Tätigkeit: Mai 1979 - März 1980 in einer Pelzgerberei (Fa. de Pieles Cia. Ltda.)
Oktober 1979 - April 1980 gleichzeitig techn. Berater in einem Milchwirtschaftsbetrieb (Fundo Sta. Teresa, Colina)

Aufenthalt in Deutschland: seit Mai 1980

Institutstätigkeit: seit 1. Januar 1981 wissenschaftl. Hilfskraft am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

